

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O GERENCIAMENTO DE PROJETOS
COMPLEXOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

JOSIVAN LEITE ALVES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

IGOR BERNARDINO BORGES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

LEONARDO KENNEDY ALVES DE LIMA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

JENIFFER DE NADAE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O GERENCIAMENTO DE PROJETOS COMPLEXOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades ambientais e sociais são manifestações ou consequências da dinâmica e da estratégia de um modelo de desenvolvimento onde o crescimento econômico não promove o desenvolvimento social e se revela nefasto na apropriação do patrimônio natural (MARINHO et. al., 2006), expondo que, para o ambiente, os padrões não sustentáveis de consumo aliado ao crescimento populacional mundial afetam diretamente o uso da água, solo, ar, energia e outros recursos naturais, bem como as condições de qualidade de vida (AGENDA 21, 2001). Preconiza-se, assim, a necessidade de incorporar-se novas estratégias de direcionamento do processo de desenvolvimento sob o qual privilegie a qualidade do crescimento, ao passo que valorize os recursos ambientais e sociais como dimensões e bases fundamentais de sua sustentação (MARINHO et. al., 2006).

Essa necessidade emergente de conciliar o desempenho econômico com a preservação dos recursos naturais, garantindo a qualidade de vida das comunidades, remete ao conceito de desenvolvimento sustentável. Esse conceito é baseado em dimensões que envolvem as esferas econômica, biofísica e sociopolítica, mas não está restrito exclusivamente as adaptações ecológicas ocasionadas pelos processos sociais, mas por uma estratégia ou modelo múltiplo para a sociedade, no que considera fatores como a viabilidade econômica e ecológica (CRUZ, 2013). Outra característica é que o desenvolvimento sustentável direciona a atenção para uma mudança ética em relação à preservação ambiental, estando diretamente interligado a sustentabilidade (DAMASCENO, 2016).

A sustentabilidade não é, portanto, uma abordagem, é uma meta social e multidimensional de longo prazo. Na concepção do desenvolvimento sustentável, tanto a proteção ambiental quanto as inovações sociotécnicas são igualmente fundamentais para mitigar os impactos antrópicos nos ecossistemas em escala micro e macro (ROSSI, 2019).

Outro aspecto a ser considerado na esfera sustentável é que as metas e ações organizacionais devem ser ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis (ELKINGTON, 1994). Dessa forma, é por meio do gerenciamento adequado dos projetos que se alcança as metas sustentáveis em uma organização e atingir princípios de sustentabilidade em gerenciamento de projetos requer mudança de cultura, educação, controle e apoio dos superiores (PMI, 2017).

Essa alteração nos padrões de produção e consumo, no âmbito do desenvolvimento sustentável, requer projetos inovadores e mudanças relacionadas as estratégias empresariais, o que altera diretamente o gerenciamento dos projetos (SILVIUS; SCHIPPER; PLANKO, 2012). Dessa maneira, os projetos sustentáveis se tornarão viáveis na medida em que os custos de energia regressem, as pressões dos grupos de consumidores aumentem devido à maior transparência nas cadeias de fornecimento e as empresas comecem a ter uma visão mais holística dos custos e benefícios associados aos projetos sociais e ambientais (CARTER; ROGERS, 2008).

Entretanto, dependendo da dimensão, das diversas variáveis envolvidas e os custos, ou seja, o quão complexo o projeto venha a ser, surgem mais desafios no gerenciamento, dificultando a integração e avaliação da sustentabilidade. É válido ressaltar que a avaliação do desempenho do produto em projetos complexos demanda significativos esforços no gerenciamento do projeto (CAMPOS, 2009), e como o gerenciamento sustentável dos projetos é orientado a curto e longo prazo, acarreta aumento na complexidade do mesmo (SILVIUS; SCHIPPER; PLANKO, 2012). Por essa razão, é necessário o uso de métricas de mensuração e/ou indicadores para a avaliação do produto sustentável.

Acresce que, a sustentabilidade também pode ser um processo que mensura o grau ou nível da qualidade do sistema complexo da interação entre o ambiente e o ser humano com a finalidade de avaliar a distância deste em relação ao sustentável. Esta avaliação é feita com propriedades quantitativas (que são os indicadores e índices de sustentabilidade), e estes, por sua vez, podem identificar quais os aspectos – ambiental, social ou econômico – caso o sistema não atinja o nível sustentável desejado – são responsáveis e quais devem ser reposicionados ou corrigidos (FEIL; SCHREIBER, 2017).

Outrossim, os indicadores são ferramentas que sintetizam uma quantidade de informação em um número adequado, com parâmetros para análise e tomada de decisão, expondo condições e tendências deficientes ou necessidade de intervenção, traduzindo conceitos abstratos e com elevado grau de mensuração (COSTA, 2003; SILVA, 2013). Já um indicador de sustentabilidade pode ser compreendido como uma ferramenta quantitativa ou qualitativa, que calcula e informa o avanço em direção a utilização e gerenciamento sustentável dos recursos econômicos, sociais e ambientais, ao passo em que proporciona análise de mudanças (LIMA; BARROS, 2008).

O correto uso e interpretação de indicadores permite o fortalecimento das decisões, facilitando, entre outras dinâmicas, a participação da sociedade na tomada de decisões e estratégias sustentáveis (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019). Além disso, a adoção de práticas sustentáveis e elaboração de estudos como esses, expõem a importância de se avaliar a sustentabilidade no gerenciamento de projetos complexos, acrescentando à literatura uma abordagem de como proceder mediante aos desafios de mensuração para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Diante disso, esse estudo tem o objetivo de reduzir a lacuna identificada através da realização de um estudo de mapeamento, analisando a literatura emergente sobre indicadores de sustentabilidade no contexto de projetos complexos de diferentes áreas e explorando publicações. Apresenta-se, ainda, a seguinte questão que norteia essa pesquisa: Como caracteriza-se a produção científica internacional sobre indicadores de sustentabilidade para projetos complexos?

Para isso, o método de pesquisa selecionado é a combinação da busca sistemática da literatura e a bibliometria, utilizando a base de dados da Scopus.

O trabalho está organizado em 5 seções: A primeira apresenta a Introdução (1), onde é apresentado a abordagem inicial sobre o tema, objetivo e método de pesquisa; em seguida a (2) Fundamentação Teórica sobre indicadores de sustentabilidade em projetos complexos; seguida da Metodologia de pesquisa (3); a apresentação dos Resultados e as Discussões (4); finalizando com as (5) Conclusões.

2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETOS COMPLEXOS

O Relatório *Brundtland* expõe o conceito de desenvolvimento sustentável sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND et al., 1987, p. 46). Essa definição ampla enfatiza o aspecto da orientação futura como um elemento básico da sustentabilidade e este cuidado para o futuro implica um uso inteligente dos recursos naturais e outras concepções relacionadas ao aspecto ambiental (SILVIUS; SCHIPPER; PLANKO, 2012).

Entretanto, a sustentabilidade não está exclusivamente fundamentada na dimensão ambiental, envolve, também, as dimensões sociais e econômicas. Elkington (1997) reconhece essa abordagem em seu conceito de *triple bottom line* ou *Triple-P (People, Planet, Profit)*: Sustentabilidade é sobre o equilíbrio ou harmonia entre sustentabilidade econômica, social e ambiental (ELKINGTON, 1997).

A dimensão econômica é constituída não somente pela economia formal, mas também pelas atividades informais que gerem serviços para indivíduos e grupos aumentando assim, a renda monetária e o padrão de vida dos indivíduos; a dimensão social consiste nos aspectos relacionados às qualidades dos seres humanos, como suas habilidades, dedicação e experiências, abordando tanto o ambiente interno da empresa quanto o externo; por fim, a dimensão ambiental envolve os fundamentos da ciência ambiental (incluindo ecologia, diversidade do hábitat e florestas), qualidade do ar e da água (protegendo a saúde humana por meio da redução de contaminação química e da poluição), além de englobar a conservação e a administração de recursos renováveis e não-renováveis (DE OLIVEIRA CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008).

Assim, ao analisar a sustentabilidade é preciso um indicador que seja multidimensional e que leve em consideração as dimensões ambientais (em concordância com a manutenção dos ecossistemas naturais), econômica (atividade rentável) e social (distribuição justa e equitativa da riqueza gerada) (GÓMEZ-LIMÓN; SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010).

Esses indicadores expõem e direcionam as ações para evitar o “insustentável”, sob o qual Marshall e Toffel (2005) classificaram como quatro níveis em uma Hierarquia de Sustentabilidade: Nível 1- Ações que, se continuadas na taxa atual ou prevista, põem em perigo a sobrevivência de humanos; Nível 2- Ações que reduzem significativamente a expectativa de vida ou outros indicadores básicos de saúde; Nível 3- Ações que podem causar extinção de espécies ou que venham violar os direitos humanos; e Nível 4- Ações que reduzem a qualidade de vida ou são inconsistentes com outros valores, crenças ou preferências estéticas.

Os indicadores fornecem informações importantes sobre um sistema físico, social ou econômico, permitindo a análise de tendências e relações de causa e efeito, onde as informações são necessárias e como serão utilizadas na prática, orientam a seleção de um determinado indicador (VELEVA; ELLENBECKER, 2001).

No âmbito da sustentabilidade, é necessário criar indicadores de desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para implementar decisões em todos os níveis, e que contribuam para uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento (UNITED NATIONS, 1992). O retorno financeiro, para a dimensão econômica, pode ser considerado um indicador do desempenho da empresa no curto prazo e uma base para a continuidade da empresa no longo prazo. Para o aspecto social, podem-se citar compensação justa, ambiente de trabalho seguro e saudável, proibição de mão-de-obra infantil e de trabalho forçado, criação de política social, o investimento em capital humano, o direito a associação, entre outros (DE OLIVEIRA CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008).

Por fim, o mais conhecido dos sistemas de indicadores ambientais é o PER (Pressão-Estado-Resposta-PSR). Para Tayra e Ribeiro (2006, p.5):

De maneira geral, o modelo busca descrever a dinâmica de um problema ambiental; por exemplo, a pressão ambiental decorrente da deposição de esgotos em um rio ou a diminuição de área disponível para a vida selvagem. Tais pressões alteram o estado do sistema ambiental, reduzindo a qualidade da água ou a diversidade de espécies. Tais alterações, por seu turno, conduzem, em alguns casos, a respostas dos governos, ou das instituições (entre os quais, o próprio mercado). A abordagem PEIR (Pressão-Estado-Impacto-Resposta) é uma versão ampliada do modelo PER que vem sendo utilizada pelo PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) na elaboração da série GEO (*Global Environment Outlook*). O projeto GEO, iniciado em 1995, busca avaliar o estado do meio ambiente nos níveis global, regional e nacional. A variável impacto busca mensurar o impacto ou o efeito produzido pelo estado do meio ambiente sobre diferentes aspectos, como os ecossistemas, qualidade de vida humana, economia urbana local, entre outros.

À medida que os projetos se tornavam cada vez mais presentes nas organizações, e demandavam grande recursos financeiros, tornou-se impossível deixá-los sem uma metodologia específica e rigorosa, conseqüentemente o gerenciamento de projetos foi criado como uma metodologia formalizada e estruturada (VIDAL; MARLE, 2008).

Compreender a estrutura em que o projeto se realiza ajuda a garantir que o trabalho seja realizado em alinhamento com os objetivos do empreendimento e seja gerenciado de acordo com as metodologias de prática estabelecidas da organização (PMI, 2008). Outro aspecto fundamental é que todos os projetos ocorrem dentro de um contexto estratégico, e existem fatores ambientais internos e externos que envolvem ou influenciam. Esses fatores podem melhorar ou restringir as opções de gerenciamento de projetos, podendo ter uma influência positiva ou negativa no resultado (THARP, 2012).

Eid (2009) analisou a integração do desenvolvimento sustentável na gestão de projetos de construção e concluiu que: o gerenciamento de projetos é um veículo eficiente para introduzir uma mudança mais apurada, não apenas para a prática da indústria de construção; os processos de gerenciamento de projetos e o conhecimento ficam aquém de se comprometer com uma abordagem sustentável; Mapear o desenvolvimento sustentável em processos de gerenciamento de projetos e áreas de conhecimento, identifica diversas oportunidades para a introdução de diretrizes de sustentabilidade em todos os processos de gerenciamento de projetos (EID, 2009).

Determinadas características do projeto fornecem uma base para determinar as ações gerenciais apropriadas para concluir um projeto com sucesso. A complexidade é uma dessas dimensões críticas, uma vez que exige um nível excepcional de gerenciamento e que a aplicação de sistemas convencionais desenvolvidos para projetos comuns é considerada inadequada para projetos complexos (BACCARINI, 1996).

Assim, a complexidade do projeto pode ser definida como a propriedade que dificulta a compreensão, a previsão e o controle de seu comportamento geral, mesmo quando são fornecidas informações razoavelmente completas sobre o sistema (VIDAL; MARLE, 2008, p. 4). Já Baccarini (1996) propõe que a complexidade do projeto seja definida como "consistindo em muitas partes inter-relacionadas variadas" e possa ser operacionalizada em termos de diferenciação e interdependência. Essa definição pode ser aplicada a qualquer dimensão de projeto relevante para o processo de gerenciamento de projetos, como organização, tecnologia, ambiente, informações, tomada de decisão e sistemas. Vale a pena enfatizar que a complexidade é um conceito distintamente diferente de duas outras características do projeto - tamanho e incerteza (BACCARINI, 1996).

Vidal e Marle (2008) identificaram algumas condições, mas não suficientes, para caracterizar um projeto complexo, na qual estão dispostas na Figura 1.

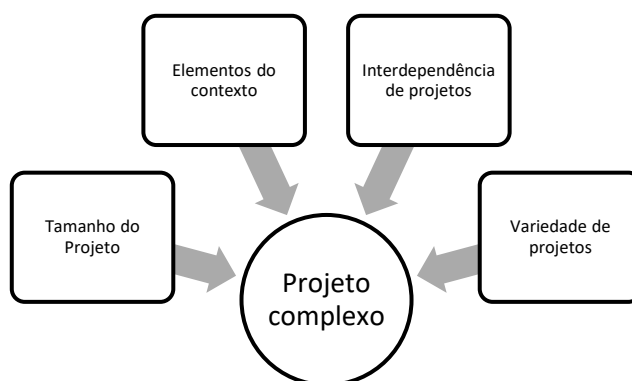


Figura 1 - Condições para projetos complexos
Fonte: Adaptado de Vidal e Marle (2008, p. 4).

Assim, a importância da complexidade para o processo de gerenciamento de projetos é amplamente reconhecida, já que a complexidade do projeto: ajuda a determinar os requisitos de planejamento, coordenação e controle; dificulta a identificação clara de metas e objetivos de grandes projetos; é um critério importante na seleção de uma forma organizacional apropriada do projeto; afeta os objetivos do projeto em tempo, custo e qualidade; em geral, quanto maior a complexidade do projeto, maior o tempo e custo (BACCARINI, 1996).

3. METODOLOGIA

O método utilizado para o alcance do objetivo proposto nessa pesquisa é uma revisão sistemática da literatura associada a bibliometria, utilizando a base de dados da Scopus. Os termos utilizados para a busca foram: "*performance**" OR "*indicator**" OR "*inde**" AND "*sustainabilit**" AND "*complex**" AND "*project* management**" nos títulos, palavras-chave e *abstract* dos artigos, o que resultou em uma amostra de 81 publicações. A busca foi feita no primeiro dia do mês de agosto de 2019.

A Scopus é a maior base de dados de resumos e citações de literatura científica revisada por pares, conta com ferramentas inteligentes para acompanhar, analisar e apoiar a pesquisa. E foi escolhida para a pesquisa por conter mais de 545 milhões de resultados científicos da web (ELSEVIER, 2019, p. 2),

Os artigos de revisão de literatura, bem como as demais categorias de artigos científicos são um meio de estudo sobre a qual utilizam de outras fontes de informações bibliográficas e/ou eletrônicas para obter os resultados de pesquisas de outros autores, buscando fundamentar teoricamente um determinado objetivo de pesquisa (ROTHER, 2007). Por sua vez, a bibliometria é uma área de estudo do campo da ciência da informação que possui como objetivo mensurar, por meio de análises estatísticas, a produção de investigação científica e tecnológica na forma de artigos, publicações, citações, patentes e outros indicadores (OKUBO, 1997).

Após selecionar os artigos, analisou-se indicadores de sustentabilidade da amostra selecionada. A medida que a análise foi realizada, percebeu-se que a subárea de engenharia detém a maior concentração desses trabalhos, servindo assim como critério limitante para análise da metodologia da dimensão sustentável e indicadores considerados nos estudos desta área do conhecimento.

Assim, para a análise do estado da arte a respeito do tema dessa pesquisa, os resultados foram estruturados em: distribuição das publicações ao longo dos anos, áreas do conhecimento, Fator de Impacto (FI) dos principais periódicos da amostra e redes de palavras-chave. É válido ressaltar que, o FI mede o número médio de citações recebidas em um determinado ano por artigos publicados na revista durante os dois anos anteriores.

Para facilitar a visualização dos resultados, eles serão dispostos em gráficos e quadros, com suas respectivas explicações e análises. Os gráficos serão feitos com auxílios de softwares como o *Minitab* e a rede correlação de palavras-chave será com o auxílio do software *VOSviewer*. *VOSviewer* é uma ferramenta para criação e visualização de redes bibliométricas.

Essas redes podem incluir, por exemplo, periódicos, pesquisadores ou publicações individuais, e podem ser construídas com base em relações de citação, acoplamento bibliográfico, co-citação ou co-autoria (VOSVIEWER, 2019). O *VOSviewer* também possui a funcionalidade de mineração de texto que pode ser usada para construir e visualizar redes de co-ocorrência de termos importantes extraídos de um corpo de literatura científica (VOSVIEWER, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, buscou-se conhecer a distribuição da amostra no decorrer dos anos. As primeiras publicações surgiram em 2003 e seguiu com algumas variações, com média de aproximadamente 5 publicações, até chegar em 2019, conforme Figura 2.

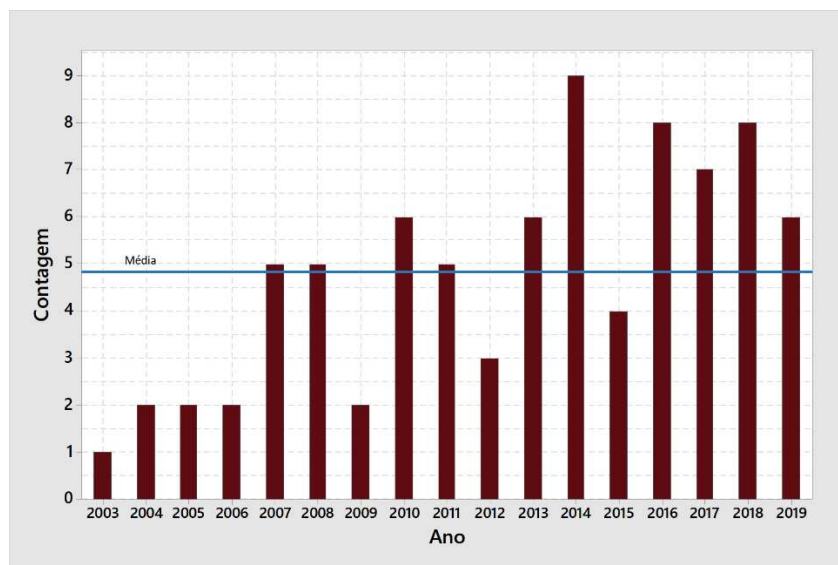


Figura 2- Distribuição em anos
Fonte: Autores (2019).

O primeiro artigo foi publicado em 2003, intitulado de “*The emergy analysis of the Province of Siena in the SPIn-Eco project*” cujo autores são Valentina Niccolucci, Ridolfi R, Angelo Facchini. Foi publicado no periódico *Advances in Ecological Sciences* e possui 2 citações na *Scopus*. Esse artigo de conferência parte da problemática de que a maioria dos indicadores ambientais mais utilizados concentram sua atenção em aspectos únicos e não consideram o sistema em sua complexidade.

Dessa maneira, o estudo faz uso de uma metodologia desenvolvida pela H.T. Odum da University of Florida, (EUA) no início dos anos 80. Essa metodologia usa uma “unidade de medida” própria que chamam de ‘solar emergy’. Essa unidade compara: a quantidade de energia solar direta e indiretamente necessária para um processo de produção. Essa quantidade, ‘emergy’, representa a soma de toda a energia, matéria e tempo que a biosfera usa para disponibilizar uma matéria-prima, na qual servirá como comparativo para a produção local.

Os indicadores de energia permitem avaliar a eficiência, a degradação ambiental e o uso sustentável dos recursos envolvidos em um único processo ou em sistemas em várias escalas. Esse método foi aplicado para analisar a sustentabilidade na Província de Siena. Assim, o método tem como *inputs* do local estudado: as fontes renováveis e não renováveis de matéria-prima, energia importada, materiais adquiridos para quantificar o total *emergy* importado. Usa como indicadores: Relação de carga ambiental (ELR), Densidade *emergy* (ED), *Emergy* usado por pessoa e Taxa de rendimento de *emergy*.

Os resultados obtidos foram condizentes com um sistema de baixa densidade populacional e uma estrutura econômica representada principalmente por pequenas fábricas. Siena tem, de fato, uma estrutura econômica centrada principalmente em serviços e uma baixa densidade populacional. Os valores dos indicadores *emergy* descreveram a Província de Siena como um sistema complexo caracterizado por uma baixa degradação ambiental, que é o resultado de um fenômeno antropogênico de baixa agressividade ao meio ambiente.

O último trabalho publicado em 2019 é o “*Evaluating water assets using water efficiency framework for infrastructure intensive agency*”, cujo autores são: James Woodward, Katherine McMordie Stoughton; Loida Begley, e Brian Boyd, foi publicado no periódico *Journal of Water Resources Planning and Management*. O artigo considera que as organizações que trabalham recursos hídricos, principalmente projetos de infraestrutura hidráulica, devam incorporar princípios de sustentabilidade ao tomar decisões sobre investimentos e que partes interessadas estejam envolvidas nas diversas fases do gerenciamento do projeto.

Assim, o artigo descreve as observações e análises de avaliação da sustentabilidade utilizado pelo Laboratório Nacional do Noroeste do Pacífico (PNNL) do Departamento de Energia, no qual fornece uma estrutura orientada por dados que integra princípios da sustentabilidade voltados para o gerenciamento de ativos de instalação exigidos de muitas agências federais intensivas em infraestrutura hídrica. Assim, a avaliação se concentra no desenvolvimento de um balanço hídrico que identifique as principais categorias de consumo de água, incluindo, mas não se limitando, ao uso doméstico de água, cargas de processo (torres de resfriamento) e vazamentos do sistema.

Dessa forma, o PNNL identifica as necessidades de reparo, atualizações ou substituição de cada recurso principal de água, incluindo sistemas de distribuição de água, sistemas de refrigeração, irrigação e equipamentos de purificação de água. O PNNL também avalia a infraestrutura de medição de água de cada local e identifica áreas para melhorar o sistema de medição atual e implantar medidores de água adicionais.

Devido a magnitude das obras, elas são consideradas complexas e exigem um esforço considerável no gerenciamento delas. Ou seja, o sistema métrico de avaliação da sustentabilidade usa dados quantitativos que informam possíveis desperdícios de água, os potenciais consumidores, bem como onde deve-se realizar o ajustamento tarifário.

A Figura 3 apresenta os periódicos presentes na amostra, agrupados por quantidade de artigos. Nela o eixo das abcissas mostra a quantidade de publicações que a revista possui na amostra. A direita tem-se o nome daquelas que possuem mais de 2 documentos, enquanto na esquerda é exposto os seus respectivos Fatores de Impacto (FI).

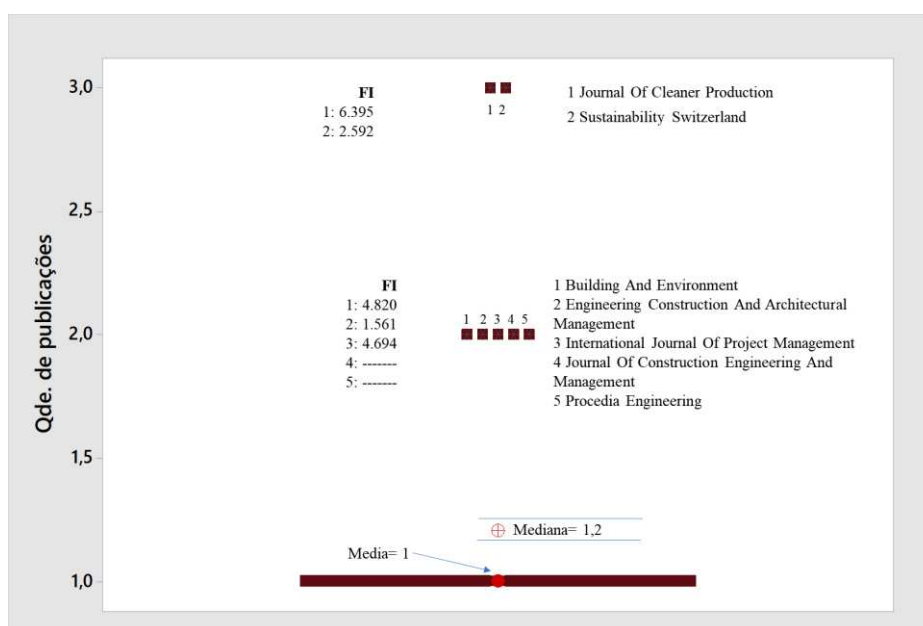


Figura 3- Outliers de periódicos
Fonte: Autores (2019).

Os dois periódicos que se destacam nessa análise são o *Journal of Cleaner Production* e o *Sustainability Switzerland*.

O *Journal of Cleaner Production* é uma revista internacional, transdisciplinar, voltada para a pesquisa e a prática de Produção Mais Limpa, Ambiental e Sustentável. De acordo com a própria revista, 'Produção Mais Limpa' é um conceito que visa prevenir a produção de resíduos, enquanto aumenta a eficiência nos usos de energia, água, recursos e capital humano. A plataforma serve para abordar e discutir a produção limpa de forma teórica e prática, abrangendo questões ambientais e de sustentabilidade em empresas, governos, instituições de ensino, regiões e sociedades.

Já a *Sustainability Switzerland* é uma revista internacional, interdisciplinar, acadêmica, revisada por pares e de acesso aberto. Trata de assuntos a respeito da sustentabilidade ambiental, cultural, econômica e social. A revista fornece um fórum avançado para estudos relacionados à sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável, e é publicada on-line semestralmente.

A Figura 4 mostra a distribuição das subáreas do conhecimento dos artigos da amostra.

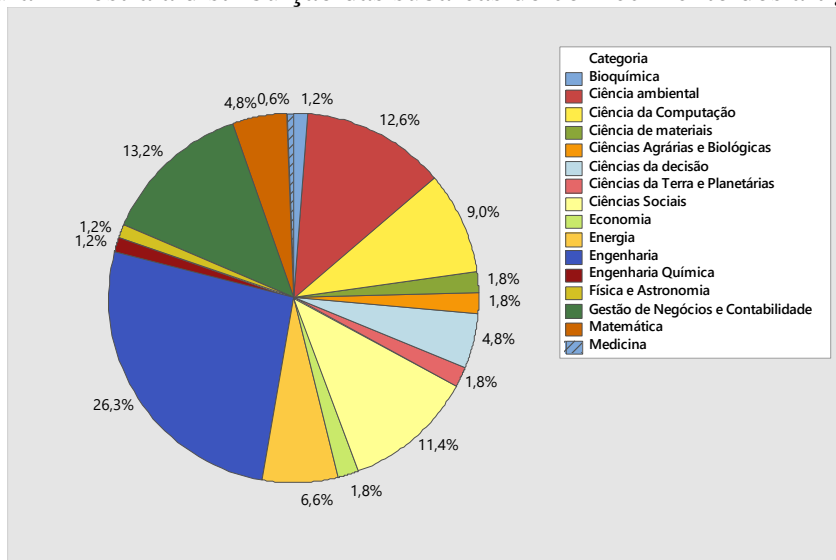


Figura 4 - Subáreas do conhecimento

Fonte: Autores (2019).

Percebe-se que a subárea de Engenharia (26,3%) é a que detém a maior porcentagem de publicações. Os artigos dessas subáreas tratam da sustentabilidade no gerenciamento de obras da construção civil. Mesmo em alguns trabalhos não ficando claro, pode-se denotar que os projetos da construção civil são complexos, devido a sua dimensão, muitas partes interessadas e pelo elevado investimento, além do fato de que quando não respeitado os limites ambientais, geram impactos negativos irreparáveis. Seguida dessa subárea, tem-se a Gestão de Negócios e Contabilidade (13,2%), Ciência Ambiental (12,6%), Ciências Sociais (11,4%) e assim por diante.

Para a criação da rede de co-ocorrência de palavras-chaves usou-se o *VOSviewer*, aplicando o critério limitante de pelo menos 5 ocorrências das palavras-chave utilizadas nos artigos da base de dados do estudo, o que totalizou 3 Clusters, conforme a Figura 5. Um cluster é formado por um agrupamento de palavras que se relacionam, demonstrados por pontos e interligados por linhas e de cores distintas. Quanto mais próximo um ponto estiver de outro mais correlacionado eles estão e quanto maior for esse ponto mais recorrente é o mesmo.

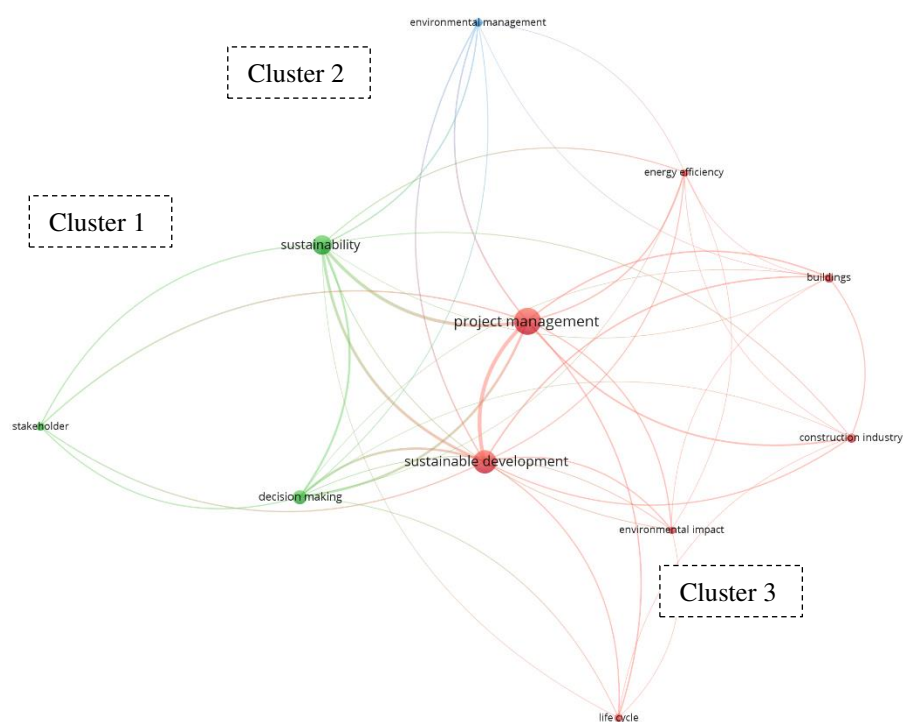


Figura 5- Co-ocorrência de palavras-chave
 Fonte: Autores (2019).

Essa co-ocorrência reafirma que a sustentabilidade está interligada diretamente ao gerenciamento de projetos e, como já discutido, os projetos complexos em sua grande maioria são grandes obras da construção civil. Essa observação está disposta no Cluster 3. No que tange a tomada de decisões e sustentabilidade, o Cluster 1 expõe a participação das partes interessadas, ao passo que está estritamente interligado ao Cluster 3. Por último, o Cluster 1 e 3 são interligados ao 2, no qual está direcionado a gestão ambiental e eficiência energética.

Por fim, como já mencionado na seção 3, a amostra foi filtrada para a subárea de engenharia, criando-se assim o Quadro 1. Mesmo diante dessa restrição, alguns trabalhos não expuseram claramente seus principais indicadores e metodologias, ou consistiam apenas em uma revisão da literatura.

De modo geral, os autores partem da premissa de que os projetos complexos causam grandes impactos ambientais e quando mal administrados podem gerar consideráveis perdas financeiras. Dessa forma, apontam que o gerenciamento desse tipo de projeto deve ser criterioso na tomada de decisão e envolver todos as partes interessadas como medida de evitar os principais riscos que possam prejudicar o sucesso do projeto. Os autores Bal et. al (2013), expuseram que a sustentabilidade é um conceito complexo em projetos que envolvem diversos *stakeholders* e que algumas partes interessadas são geralmente reconhecidas como importantes, como cliente e o contratante, mas há outras que nem sempre são percebidas como tal e cuja ausência dos processos de tomada de decisão pode resultar em uma falha no tratamento de questões de sustentabilidade.

Assim, logo no escopo, os autores analisados concordam que deve-se integrar todas as dimensões sustentáveis, com foco principal no TBL da sustentabilidade, alinhando os objetivos estratégicos da organização ao projeto sustentável, respeitando os limites de tempo, disponibilidade de recursos e custos. Outro fato observado é que a participação da comunidade na análise dos impactos da implementação do projeto complexo é importante, pois já que é de grande escala irá alterar a rotina e as dinâmicas sociais do local, sejam tais mudanças negativas ou positivas.

Autores	Título	Objetivo	Método	TBL	Indicadores considerados	#
Zhu, F., Sun, M., Wang, L., Sun, X., Yu, M. (2019)	<i>Value conflicts between local government and private sector in stock public-private partnership projects: A case of China</i>	Enfocar os conflitos de valor entre o governo local e o setor privado, que são dois dos principais interessados nos projetos do Projetos de Parceria Público-privada (SPPP), e investigar as regras de troca para resolver conflitos de valor	Estudo de caso	Social	Racionalidade, altruísmo, consistência de poder, competição, ganho de grupo e reciprocidade	-
Kifokeris, D., Xenidis, Y. (2017)	<i>Towards the combination of risk analysis, constructability and sustainability for the lifecycle management of construction projects</i>	Os requisitos teóricos e potenciais restrições de um quadro integrado entre construtibilidade, sustentabilidade e análise de risco são investigadas através de uma revisão e análise da literatura direcionada.	Estudo de caso	Ambiental e social.	Complexidade do projeto; Diversidade de utilização; Multiplicidade de propósitos; Ganhos; Análise de risco.	0
Lai, X., Liu, J., Georgiev, G. (2016)	<i>Low carbon technology integration innovation assessment index review based on rough set theory - An evidence from construction industry in China</i>	Foca na gestão de integração de tecnologia de baixo carbono e analisa o status de pesquisa existente de construções verdes ou de baixo carbono nos índices de avaliação relacionados e propõe uma estrutura de sistema de avaliação para a inovação de integração de tecnologia de baixo carbono na perspectiva do gerenciamento do sistema.	Método bruto de conjunto para identificar o peso de todos os índices	Economico e ambiental.	Custo; Energia; Emissão de CO2; Tecnologias disponíveis;	12
Lawrence, K., Chan, P.W., James, A. (2016)	<i>Absorptive capacity as a basis for construction innovation: From a capabilities to a routines perspective</i>	O propósito deste artigo conceitual é, portanto, ir além desses relatos estruturais de como a Capacidade Absortiva pode influenciar o desempenho da inovação, para levantar a questão de como podemos entender melhor a dinâmica dos impactos da Capacidade Absorvente.	Análise de multicritérios.	Ambiental, Econômico e Social.	Custo; Inovação Organizacional;	0
Aladag, H., Demirdögen, G., Isik, Z. (2016)	<i>Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry</i>	Diagnosticar a indústria de construção turca para desenvolver uma compreensão clara da adoção do BIM, para investigar os desafios e benefícios das aplicações BIM em empresas de construção turcas e para fornecer recomendações para a indústria de construção turca sobre o Implementação BIM	Investigação exploratória	Ambiental, social e econômica	Energia; Uso de recursos naturais; Relações interpessoais; Emissão de CO2; Lucro; Custos; Otimização do espaço interno	4
Castiglioni, A.G., Bigdeli, M.B., Palamini, C., Martinoia, D., Frezza, L., Matassini, B., Pizzocri, D. Massari, M. (2015)	<i>Spaceship Earth. Space-driven technologies and systems for sustainability on ground</i>	Avaliação e na melhoria do desenvolvimento sustentável de uma instalação espacial terrestre, o European Astronaut Centre (EAC), localizado na Alemanha	Estudo de caso	Ambiental, social e econômica	Tecnologias; Gestão de energia; Demanda de água; Geração de resíduos; Paisagismo; Participação da comunidade; Complexidade do projeto	1
Zhou, J., Liu, Y.J. (2015)	<i>The method and index of sustainability assessment of</i>	Estabelecer um modelo básico para analisar a construção e operação sustentáveis de determinados projetos de	Estudo de caso	Ambiental, social e	Dificuldade de acesso a recursos; Tempo de	4

	<i>infrastructure projects based on system dynamics in China</i>	infraestrutura.		econômica	projeto; Demanda de produtos; Economia local; Saídas do projeto; Consumo de energia, materiais, recursos ambientais	
Bhuiyan, S.I., Jones, K., Wanigarathna, N. (2015)	<i>An approach to sustainable refurbishment of existing building</i>	Apresentar modelo na forma de uma árvore de decisão para os profissionais entenderem melhor o processo de reforma e desenvolver modelos de negócios efetivos que contribuam para a sustentabilidade através do consumo reduzido de energia, maior conforto térmico.	Revisão da literatura	Ambiental, social e econômica	Emissão de CO2; Temperatura; Quantidade de riscos; Consumo de energia e água; inovações tecnológicas; Custos	4
King, L.M., Booth, C.A., Lamond, J.E. (2014)	<i>Benefits and limitations of social practice theory to evaluate practices in sustainable office buildings: Preliminary finding</i>	Verificar as características construtivas projetadas para apoiar o comportamento sustentável em relação ao comportamento dos ocupantes como um fator significativo na compreensão do desempenho operacional, entendendo o comportamento dos indivíduos	Estudos de caso em edifícios	Social	Temperatura interna do edifício; Acústica; Hierarquia organizacional; Localização do edifício; circulação de ar; Luz natural; Arquitetura	-
Castiglioni, A.G., Pizzocri, D., Bigdeli, M.B., Palamini, C., Martinoia, D., Frezza, L., Matassini, B., Massari, M. (2014)	<i>Spaceship Earth. Space-driven technologies and systems for sustainability on ground</i>	Centra-se na avaliação e na melhoria do desenvolvimento sustentável de uma instalação espacial terrestre, o European Astronaut Centre (EAC), localizado na Alemanha.	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> e pesquisa-ação	Ambiental, social e econômica	Tecnologias; Gestão de energia; Demanda de água; Geração de resíduos; Paisagismo; Participação da comunidade; Complexidade do projeto	-
Doloi, H. (2012)	<i>Assessing stakeholders' influence on social performance of infrastructure projects</i>	Desenvolver um perfil para uma compreensão e avaliação precisas do desempenho social e criação de valor de projetos de infraestrutura pública. A medida do desempenho de sustentabilidade social de projetos dentro do contexto de desenvolvimento sustentável é quantificada em termos de benefícios sociais que fluam para as partes interessadas, bem como para a comunidade em geral.	Estudo de caso	Social	Desempenho de capital; Recursos humanos; Prestação de serviços; Desenvolvimento comunitário; Conformidade regulatória patrimônio intra e intergeracional; Provisão de informação; Bem-estar econômico	29
Swarup, L.,	<i>Project delivery metrics for</i>	Adota as métricas de avaliação definidas da pesquisa	Coleta de dados	Ambiental,	Custos; Rotatividade;	42

Korkmaz, S., Riley, D. (2011)	<i>sustainable, high-performance buildings</i>	concluída recentemente para mostrar descritivamente até que ponto os relacionamentos e a influência dos atributos de entrega do projeto, como comprometimento do proprietário, integração da equipe e relacionamentos contratuais, afetam as metas de sustentabilidade do projeto.	em 12 empreendimentos	social e econômica	Satisfação do proprietário;/ telhado / estrutura / fundação; interior / espaço / layout; Energia; Qualidade do ambiente interno (acústica, ventilação, iluminação e conforto térmico); Taxa de rotatividade;	
Isaacs, J.P., Gilmour, D.J., Blackwood, D.J., Falconer, R.E. (2011)	<i>Immersive and non immersive 3D virtual city: Decision support tool for urban sustainability</i>	Descreve uma plataforma que combina técnicas de jogos de computador, modelagem de indicadores econômicos, sociais e ambientais para fornecer uma interface que apresenta uma cidade virtual interativa 3D com informações de sustentabilidade sobrepostas	Modelagem 3D de uma cidade	Ambiental, social e econômica	Layouts rodoviários; Impacto no projeto de fundações de edifícios adjacentes; Aceitabilidade pública dos locais de construção; Custos; Tempo de entrega;	10
Okon, B., Ekpo, S., Elhag, T. (2010)	<i>A sustainable engineering infrastructure model for the 21st centur</i>	Apresenta um modelo de infraestrutura de engenharia sustentável (SEI) que deve servir como uma plataforma de planejamento, projeto, desenvolvimento, implementação e gerenciamento para a comunidade de engenharia.	Proposta de um modelo para avaliação da sustentabilidade através de algoritmos	Ambiental, social e econômica	Manuseio de materiais; Construção, Reforma; Produção de resíduos; Demolição; Materiais perigosos, Reciclagem; Custos; Entrega	1
Rahman, S., Perera, S., Odeyinka, H., Bi, Y. (2009)	<i>A knowledge-based decision support system for roofing materials selection and cost estimating: A conceptual framework and data modelling</i>	Desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão baseado em Conhecimento para Seleção de Materiais (KDSMS) que facilita a seleção de materiais ótimos para diferentes sub-elementos de um projeto de telhado.	Proposta de um modelo conceitual	Ambiental, social e econômica	Custo inicial; Custo de manutenção; Desempenho térmico	4
Kumaraswamy, M.M., Anvuur, A.M. (2008)	<i>Selecting sustainable teams for PPP projects</i>	Proposta de uma abordagem integrada, que vincula as Pontuações de Desempenho Passado a critérios técnicos, de sustentabilidade e relacionais em uma estrutura unificada para a tomada de decisões	Tipo Delphi com especialistas do setor e acadêmicos	Social e econômica	Complexidade; Incertezas; Inovações tecnológicas e gerenciais; Desempenho a longo prazo; Custos	45
Zavadskas, E.K., Antucheviciene, J. (2007)	<i>Multiple criteria evaluation of rural building's regeneration alternatives</i>	Classificar as alternativas de regeneração do edifício disponíveis a partir da abordagem de sustentabilidade de múltiplos critérios, combinando os benefícios econômicos da regeneração de edifícios com o potencial ambiental, bem como o interesse social.	Estudo de caso	Ambiental, social e econômica	Produção de resíduos sólidos; Área construída; Paisagismo; Luz natural; Circulação interna de ar; Temperatura	125
Jefferson, I.,	<i>Sustainability indicators for</i>	Apresentar um novo conjunto de indicadores de geotecnia	Proposta de um	Ambiental;	Diversidade de projetos;	22

Hunt, D.V.L., Birchall, C.A., Rogers, C.D.F 2007	<i>environmental geotechnics</i>	ambiental (EGIs)	diagrama sustentável	social e econômico.	Pré-qualificador; Localização geográfica; Acesso; Logística; Materiais; Energia; Uso de água; Efeito regional	
Pulaski, M.H., Horman, M.J. 2005	<i>Continuous value enhancement process</i>	Integrar objetivos sustentáveis em práticas de gerenciamento de projetos, desenvolvendo um modelo baseado em processos para detalhar as decisões de projeto relativas à sustentabilidade em projetos de construção de alto desempenho.	Um modelo baseado em processo, chamado de Continuous Value Enhancement Process (CVEP)	Ambiental; social e econômico.	Complexidade do projeto; Eficiência energética; Custos; Ambientes internos mais saudáveis e produtivos	26
Lapinski, A., Herman, M., Riley, D. (2005)	<i>Delivering sustainability: Lean principles for green projects</i>	Mapear detalhadamente os processos de entrega de instalações verdes de alto desempenho na Toyota.	Explora o sistema de entrega da Toyota usando uma abordagem de modelagem de processos	Ambiental; social e econômico.	Desempenho em eficiência energética e qualidade do ambiente interior; Custos; Complexidade do projeto; Tempo de entrega; Cronograma	11

Quadro 1- Principais trabalhos científicos da amostra da subárea engenharia
Fonte: Autores (2019).

De acordo com os autores do Quadro 1, os indicadores mais recorrentes na área de engenharia foram: acesso à água potável, acesso a água tratada, qualidade das águas, preservação da biosfera, emissão de dióxido de carbono pelos processos de produção, redução do uso de energia, uso de energia renovável, escolha por materiais de baixo impacto ambiental e volume de resíduos gerados. Outros indicadores foram: bem-estar econômico, tamanho do projeto, bem como sua complexidade, exposição a riscos e custos. Quando esses indicadores não são quantificados, os trabalhos fazem uso de modelos matemáticos e calculam o peso de cada indicador para o projeto. Assim, conseguem quantificar se as medidas sustentáveis adotadas são realmente efetivas.

Outros estudos analisam a dinâmica entre o ambiente construído com os indivíduos. Geralmente são edifícios comerciais onde se verifica a relação do uso do espaço com os índices de produtividade dos funcionários. Avaliam principalmente a circulação de ar puro, uso de luz natural, temperatura interna e índices ergométricos.

Outras pesquisas afirmam que a adoção de medidas sustentáveis gera vantagens competitivas no mercado. Lapinski, Horman e Riley (2005), por exemplo, argumentam que o desempenho superior de longo prazo de construções com eficiência energética e qualidade do ambiente interno, tornam-se excelentes investimentos para proprietários de instalações públicas e privadas. No entanto, as variações do orçamento do projeto geralmente resultam de processos complexos fazendo com metodologias de gerenciamento como o *Lean Construction* sejam adotadas, pois são capazes de reduzir o desperdício e agilizar os processos em ambientes de desenvolvimento e produção altamente complexos.

Já Bal, Bryde e Fearon (2011) expõem que a natureza da indústria da construção em executar projetos em diferentes fases e empresas torna o processo complexo, fazendo com que a gestão efetiva das partes interessadas seja fundamental para o sucesso. Os autores argumentam ainda que o alcance da sustentabilidade dependerá do conhecimento, experiência e posição das partes interessadas nas contratações temporárias das empresas que formam um projeto.

Por fim, as análises de risco dos projetos também são recorrentes, uma vez que para o atendimento dos requisitos sustentáveis os projetos devem respeitar o meio ambiente, ao se fazer uso responsável dos recursos naturais, gerar lucro para os investidores, ao passo que desenvolve a economia local das comunidades, gerando emprego e respeitando a cultura local.

5. CONCLUSÃO

Este estudo objetivou expor as principais metodologias e indicadores de sustentabilidade para projetos complexos, através da busca sistemática da literatura e bibliometria, utilizando as publicações presentes na base de dados da Scopus. Tal objetivo foi alcançado, com a amostra de trabalhos científicos e a fundamentação teórica foram suficientes para abordar e conceituar os principais indicadores de sustentabilidade no gerenciamento de projetos com destaque para a área de engenharia.

Devido à complexidade de projetos sustentáveis, principalmente os da construção civil, e de alto desempenho, há um conseqüente aumento nos requisitos para soluções otimizadas e equipes multidisciplinares, bem como o elevado grau de mensuração da efetividade das alternativas sustentáveis. Além disso, os trabalhos expuseram que o gerenciamento complexo não é simples e necessita ser fundamentado por metodologias apropriadas considerando o TBL da sustentabilidade.

Outro fato observado é que as avaliações dos projetos na dimensão social consideram importante a participação da comunidade local no processo de concepção

do projeto, como forma de aprimorar o conhecimento, gerar entendimento e reconhecer potencial impacto inovador na sustentabilidade.

Esse artigo se limita a estudar apenas os artigos presentes em uma base de dados, outras bases podem ser utilizadas para ampliar o escopo dessa pesquisa. Como possíveis trabalhos futuros fica a ampliação desse estudo, expondo os indicadores das demais áreas do conhecimento e fazer uma pesquisa de campo para verificar se os indicadores encontrados são realmente os utilizados nos projetos complexos de engenharia.

REFERÊNCIAS

- AGENDA 21: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 1992, Rio de Janeiro. **Congresso...** ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edificações Técnicas, 2001.
- BACCARINI, David. The concept of project complexity—a review. **International journal of project management**, v. 14, n. 4, p. 201-204, 1996.
- BRUNDTLAND et. al. Our common future—Call for action. 1987. **Environmental Conservation**, 14(4), 291-294.
- BAL, Menoka et al. Stakeholder engagement: Achieving sustainability in the construction sector. **Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 695-710, 2013.
- BAL, Menoka; BRYDE, David; FEARON, Damian. A model of stakeholder management strategies for sustainable construction. In: **Proceedings of the 27th Annual ARCOM Conference, Bristol, UK**. 2011. p. 5-7.
- CARTER, Craig R.; ROGERS, Dale S. A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. **International journal of physical distribution & logistics management**, v. 38, n. 5, p. 360-387, 2008.
- CAMPOS, André Vidal. **Avaliação de desempenho em projetos complexos: uma abordagem multidimensional**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- COSTA, Marcela da Silva. Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal. **EESC/USP. São Paulo**, 2003.
- CRUZ, Alice Aloísia da. **Indicadores de sustentabilidade: estudo de caso em propriedades produtoras de leite nas regiões sul e sudeste do Brasil utilizando a metodologia RISE**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- DAMASCENO, Juliana Lucena Barros. **Requisitos de sustentabilidade aplicáveis ao setor da construção civil pesada**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.
- ELSEVIER. **SCOPUS ACRESCENTE VALOR À SUA PESQUISA**. 2019. Disponível em: <http://www2.fm.usp.br/gdc/docs/biblioteca_807_apresentacao-scopus-port.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2019.
- EID, Mohamed El Mohamady. **Sustainable development & project management: rethinking relationships in the construction industry: integrating sustainable development (SD) into project management (PM) processes**. LAP Lambert Academic Pub., 2009.
- FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 15, n. 3, p. 667-681, 2017.
- GÓMEZ-LIMÓN, J.A.; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. **Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators**. *Ecological Economics*, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909004765>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- LAPINSKI, Anthony; HORMAN, Michael; RILEY, David. Delivering sustainability: Lean principles for green projects. In: **Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives**. 2005. p. 1-10.
- MARSHALL, Julian D.; TOFFEL, Michael W. Framing the elusive concept of sustainability: A sustainability hierarchy. 2005.

MARINHO et. al.. Governo do Estado da Bahia. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental**. 2006. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br/phl8/download/p6276-6.pdf>>. Acesso em: 29 julho 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Indicadores**. 2019. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-urbano/item/8055.html>>. Acesso em: 29 julho 2019.

DE OLIVEIRA CLARO, Priscila Borin; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração-RAUSP**, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

OKUBO, Yoshiko. Bibliometric indicators and analysis of research systems. 1997.

Project Management Institute. **A guide to the project management body of kKnowledge (PMBOK® guide)** – Fourth Edition, 2008.

PMI. **The Bottom Line on Sustainability**. 2011. Disponível em: <<https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/white-papers/the-bottom-line-on-sustainability.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

ROTHER, Edna Terezinha. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista de enfermagem**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007.

ROSSI, Emilio et al. Sustainable 3D Printing: Design Opportunities and Research Perspectives. In: **International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics**. Springer, Cham, 2019. p. 3-15.

SILVIUS, A. J.; SCHIPPER, Ron PJ. Sustainability in project management: A literature review and impact analysis. **Social Business**, v. 4, n. 1, p. 63-96, 2014.

SILVIUS, Gilbert; SCHIPPER, R. O. N.; PLANKO, Julia. **Sustainability in project management**. Gower Publishing, Ltd., 2012.

TAYRA, Flávio; RIBEIRO, Helena. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade**, v. 15, p. 84-95, 2006.

Tharp, Jennifer. Project management and global sustainability. **Project Management Institute**, 2012.

UNITED NATIONS. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, Brasil: United Nations Conference on Environment & Development, 1992. 338 p. Disponível em: <http://www.sidsnet.org/docshare/other/Agenda21_UNCED.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

VELEVA, Vesela; ELLENBECKER, Michael. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of cleaner production**, v. 9, n. 6, p. 519-549, 2001.

VIDAL, Ludovic-Alexandre; MARLE, Franck. Understanding project complexity: implications on project management. **Kybernetes**, v. 37, n. 8, p. 1094-1110, 2008.

VOSVIEWER. **Welcome to VOSviewer**. 2019. Disponível em: <<http://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: 16 mar. 2019.