

INDICADORES AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM CIDADES INTELIGENTES

PAULA REGINA ZARELLI

*Doutora em Engenharia e Gestão do Conhecimento
Professora do Magistério Superior na Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR)
przarelli@gmail.com*

ALICE BEATRIZ PATEKOSKI SANTOS NETO

*Graduanda em Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
abpsneto@gmail.com*

GUILHERME EDUARDO FERNANDES

*Graduando em Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
guilhermefernandes@alunos.utfpr.edu.br*

LARISSA DE FREITAS SILVA

*Graduanda em Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
larissasilva@alunos.utfpr.edu.br*

RESUMO

Objetivo: As Cidades Inteligentes visam gerar uma infraestrutura digital, no intuito de estimular processos inovadores no governo e nas empresas, atrelando qualidade ambiental e desenvolvimento, com utilização de indicadores ambientais. Portanto, este estudo objetiva identificar os indicadores ambientais como instrumento de avaliação da sustentabilidade para cidades inteligentes.

Design/Metodologia/Abordagem: O método aplicado foi a revisão sistemática de literatura em conjunto com análise bibliométrica. A busca resultou em 194 artigos, em três bases de dados internacionais, publicados entre os anos de 1974 e 2018. Após aplicação de filtragem por tema, alinhamento de título, alinhamento de resumo e critérios de inclusão, foram analisados 11 artigos finais. Nestes estudos, foram identificados 39 indicadores ambientais que podem ser utilizados como referência em cidades inteligentes.

Resultados: Os resultados demonstram, sobretudo, a importância da temática abordada, como sugestão de instrumento para avaliação no referido contexto.

Palavras-chave: indicadores ambientais. cidades inteligentes. sustentabilidade.

ENVIRONMENTAL INDICATORS AS A SUSTAINABILITY INSTRUMENT IN SMART CITIES

ABSTRACT

Goal: The Smart Cities aim to generate a digital infrastructure, in order to stimulate innovative processes in the government and in companies, linking environmental quality and development, using environmental indicators. Therefore, this study aims to identify environmental indicators as an instrument for assessing sustainability for smart cities.

Design/Methodology/Approach: The method applied was a systematic literature review in conjunction with bibliometric analysis. The search resulted in 194 articles, in three international databases, published between 1974 and 2018. After applying filtering by theme, title alignment, abstract alignment and inclusion criteria, 11 final articles were analyzed. In these studies, 39 environmental indicators were identified that can be used as a reference in smart cities.

Results: The results demonstrate, above all, the importance of the theme addressed, as a suggested instrument for evaluation in that context.

Keywords: environmental indicators. smart cities. sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento industrial, tecnológico e o exponencial crescimento populacional há uma necessidade de ações que visam a sustentabilidade das cidades, uma vez que esta estava sempre associada aos impactos das atividades humanas, tendo em vista uma perspectiva ambiental, de coesão social e de desenvolvimento econômico, que afeta as gerações atuais e futuras, sendo fundida ao desenvolvimento sustentável (BOFF, 2017; GUIMARÃES; FEICHAS, 1998). A sustentabilidade é o termo utilizado em vários estudos como parte funcional de cidades inteligentes - *smart cities* - para que possam funcionar de forma efetiva.

Os indicadores ambientais têm reflexo na qualidade de vida, e alguns deles contribuem para a maioria dos problemas socioeconômicos que aflige a maioria da população do planeta, como, a desigualdade social e econômica, doenças, fome e pobreza, ocasionando um desequilíbrio no tripé da sustentabilidade (MALHEIROS et al., 2004). A criação de projetos para *smart cities* proporciona a restauração do equilíbrio ambiental, com a utilização desses indicadores ambientais, melhorando o cenário local (GIFFINGER et al., 2007). Neste contexto, os indicadores ambientais exercem a função de advertir à comunidade sobre riscos e tendências do desenvolvimento com a utilização desenfreada dos recursos naturais, demonstrando uma concepção do que acontecerá no futuro (GUIMARÃES; FEICHAS, 1998), onde é possível visualizar o destino, acompanhando todo o trajeto e corrigindo os erros (LEMOS, 2013).

O presente estudo tem como objetivo identificar quais são os indicadores ambientais que podem ser utilizados como instrumentos da avaliação da sustentabilidade em cidades inteligentes, com base em artigos já publicados. Os métodos aplicados foram análise bibliométrica e revisão sistemática de literatura, com a finalidade de levantar estudos recentes sobre o tema na exposição dos indicadores ambientais.

2 INDICADORES AMBIENTAIS

Indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma específica realidade (MITCHELL, 1996). Este pode ser um dado individual ou um agregado de informações. Um bom indicador deve conter os seguintes atributos: simples de entender; quantificação estatística e lógica coerente; e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado (MUELLER et al., 1997).

Os indicadores ambientais auxiliam na definição da origem e tamanho dos problemas ambientais, apontando metas que geram a solução destes, demonstrando o progresso através da utilização dessas metas. Têm grande importância no gerenciamento ambiental porque tornam o

processo mais fácil e eficiente (ZANELLA et al., 2004). Os indicadores estão relacionados ao dimensionamento real de um problema ambiental, uma vez que demonstram o estado atual do meio ambiente, com a finalidade de fundamentar a tomada de decisão em níveis local, regional e nacional. Estes indicadores devem dar respostas sobre mudanças nos padrões de consumo e de produção, e de que forma se alinham aos princípios do desenvolvimento em bases sustentáveis. (MALHEIROS et al., 2004).

A OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) criou um modelo para classificação dos indicadores com agrupamento destes a partir de temas, como: mudança climática, diminuição da camada de ozônio, eutrofização, acidificação, contaminação tóxica, qualidade ambiental urbana, biodiversidade, paisagens culturais, resíduos, recursos hídricos, recursos florestais, recursos pesqueiros, degradação do solo (desertificação e erosão) e indicadores gerais. Posteriormente, com o objetivo de melhor integrar os aspectos ambientais com as políticas setoriais, dividiu-se os indicadores também em setores como transporte, energia e agricultura (OECD, 1998).

Alguns aspectos ambientais, como, quantidade de matéria orgânica, qualidade da água, qualidade do ar, qualidade do solo, entre outros, podem ser medidos de formas diferentes. Para conferência destes parâmetros utiliza-se do indicador que mostrará a possível causa, consequência ou previsão que podem ser realizadas através do conhecimento do mesmo (MARZALL, 1999).

A Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no capítulo 40, trata dos indicadores ambientais que classificam a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável de um local. Este capítulo indica os objetivos de um indicador e menciona que devem ser de base sólida para a tomada de decisões em todos os níveis, contribuindo para sustentabilidade autorregulada entre meio-ambiente e desenvolvimento. Por serem abrangentes, os indicadores ambientais são utilizados como indicadores de desenvolvimento sustentável, mas nem todos os problemas ambientais são considerados importantes ao desenvolvimento (WALZ, 2000).

Para elaboração de indicadores, um conjunto de observações, dados e conhecimentos deve ser ordenado e condensado em informação chave. Os indicadores são agrupados formando um sistema que serve como base para a avaliação do estado atual e do desenvolvimento do sistema analisado. Os indicadores ambientais são caracterizados por um maior nível de agregação quando comparado a um sistema de relatório ambiental (WALZ, 2000).

Segundo a OECD (1998), as maiores funções de indicadores são reduzir o número de medidas e parâmetros para representar uma situação, simplificando o processo de comunicação pelo qual os resultados são fornecidos ao usuário. Na tomada de decisão, os indicadores e índices podem auxiliar a sintetizar o volume de informação, definindo temas prioritários auxiliando no cumprimento dos objetivos e metas de qualidade ambiental, além de, medir e divulgar as informações sobre tendências, evolução e condição do ambiente e dos recursos naturais (WINOGRAD et al., 1996).

2.1 SUSTENTABILIDADE

Em 1972 a ONU (Organização das Nações Unidas) realizou a Conferência de Estocolmo, na Suécia, que estabeleceu princípios para as questões ambientais internacionais, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e relação entre o ambiente e o desenvolvimento, concentrando-se na ideia de sustentabilidade demonstrando a possibilidade de alcançar o crescimento econômico e industrial sem agredir o meio ambiente. Foi a partir desta que surgiu a definição de desenvolvimento sustentável surgiu em abril de 1987, na Comissão de Brundtland, com o relatório “Nosso Futuro Comum”. Estes temas continuam sendo abordados nas Conferências e existem medidas implantadas nas nações para melhoria quanto à relação homem e ambiente.

Alguns autores defendem que há uma confusão quanto à interpretação de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, indicando que estes se opõem de forma radical. García (1999) diz que o erro corre predominantemente quanto aos moldes capitalistas no sistema econômico, porém a maior premissa da sustentabilidade é vista por outros autores nesta interação da economia com o uso de recursos naturais.

A sustentabilidade mensura o nível da qualidade de um sistema com intuito de avaliar o seu grau de distância em relação ao sustentável, já o desenvolvimento sustentável atua com estratégias para aproximar o nível de sustentabilidade ao sistema ambiental humano sustentável (FEIL; SCHREIBER, 2017). Para Pereira (2007), a sustentabilidade possui o tripé social, econômico e ambiental. O âmbito social engloba pessoas e condições de vida (educação, saúde, lazer, entre outros) e muitos outros aspectos. No ambiental estão os recursos naturais do planeta e a forma como são utilizados pela sociedade, empresas e comunidade. O econômico está relacionado à produção, distribuição e consumo de serviços, levando em consideração o ambiental e social.

Para outros autores a sustentabilidade é analisada de outra forma. Sachs (1993) diz que a sustentabilidade possui um conceito múltiplo e diligente, podendo ser interpretado de diversas formas. Este termo é muito empregado com referência à sustentabilidade ambiental, mas também se aplica em outras dimensões, além da citada anteriormente; sendo elas: social, cultural, ecológica, territorial, econômica, político nacional e político internacional (SACHS, 2000). Chambers e Conway (1992) afirmam que a sustentabilidade deve ser analisada no âmbito social e ambiental; onde o primeiro refere-se à capacidade interna de resistir (prevendo ou se adaptando) a pressões externas (mudanças no ambiente físico, social e econômico) e o segundo refere-se ao impacto externo dos meios de subsistência em outros meios de subsistência.

Sustentabilidade vem do latim “*sustentare*” que significa sustener, sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter, resistir. Sustentável é tudo aquilo que é capaz de ser suportado, mantido. Boff (2017) define que o conceito de sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da presente e das futuras gerações de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução, e coevolução. Portanto é tudo o que a Terra realiza para que o ecossistema não decaia, relacionado a capacidade de se conservar, prosperar e coevoluir, ou seja, ser sustentável.

Freitas e Giatti (2015) definem que o princípio da sustentabilidade molda e condiciona o desenvolvimento, não ao contrário; podemos observar que as empresas precisam se adequar às condições do meio para garantir um ambiente saudável à população. A sustentabilidade ganhou espaço e visibilidade a partir das discussões relacionadas a escassez dos recursos naturais e procura de fontes energéticas mais limpas, tendo assim, uma melhor interação entre o ser humano e o meio ambiente (FEIL; SCHREIBER, 2017). Tal surgimento vincula-se à melhoria dos aspectos ambientais com redução de impactos negativos, gerando reflexos positivos na economia e na sociedade.

Os autores Dutta (2011) e Moss Kanter e Litow (2009) relacionam a sustentabilidade às *smart cities*. Dutta (2011) afirma que as *smart cities* têm foco em um modelo particularizado, com visão moderna do desenvolvimento urbano e reconhecem a crescente importância das tecnologias da informação e comunicação no direcionamento da competitividade econômica, sustentabilidade ambiental e qualidade de vida geral, indo além dos aspectos apenas técnicos que caracterizam as cidades. Moss Kanter e Litow (2009) afirmam que as *smart cities* conectam de forma inovadora as infraestruturas físicas e de Tecnologia de Informação e da Comunicação

- TICs, de forma a convergir os aspectos organizacionais, normativos, sociais e tecnológicos a fim de melhorar as condições de sustentabilidade e principalmente da qualidade vida da população.

2.2 CIDADES INTELIGENTES

Cidades inteligentes ou *smart cities* vêm do termo “cidades digitais” utilizado em 1990. Essas “cidades digitais” surgiram com objetivo de gerar uma infraestrutura digital em espaços, visando estimular processos inovadores no governo, nas empresas e no comércio (LEMOS, 2013).

Segundo Dameri (2013), uma cidade inteligente é uma área geográfica bem definida, na qual as tecnologias como tecnologia de informação e comunicação, logística, produção de energia, entre outras, cooperam para criação de benefícios para cidadãos em termos de bem-estar, inclusão e participação, qualidade ambiental e desenvolvimento inteligente. Essas cidades inteligentes são governadas por um grupo bem definido, capaz de declarar as regras e políticas para o governo e o desenvolvimento. São constituídas por processos informatizados que possuem sensibilidade a tudo que é produzido e consumido no ambiente, distribuindo um grande número de informações em tempo real. Com essas informações têm-se um referencial e um norte quanto à tomada de decisões, tornando as atividades urbanas mais eficientes e sustentáveis (LEMOS, 2013).

Giffinger et al. (2007) afirmam que “*smart cities*” possuem desempenho baseado na combinação de atividades de cidadãos independentes e conscientes. Os autores citam seis dimensões demonstram e verificam a inteligência dessas cidades: *Smart Economy* (Economia Inteligente), *Smart People* (População Inteligente), *Smart Governance* (Governança Inteligente), *Smart Mobility* (Mobilidade Inteligente), *Smart Environment* (Meio Ambiente Inteligente) e *Smart Living* (Vida Inteligente). Essas dimensões estão atribuídas ao desenvolvimento em vários setores de uma cidade correlacionando o social, econômico, ambiental e político. Isso garante, saúde, bem-estar e segurança ao cidadão, transparência quanto às políticas desenvolvidas e aos recursos utilizados, dessa forma o desenvolvimento tecnológico ocorre sem prejuízo ambiental.

A maioria das cidades inteligentes estão localizadas em países desenvolvidos, no Brasil, em 2014 foi realizada a implantação do primeiro projeto de “*smart city*” em Búzios, no Rio de Janeiro (FORTES, 2014).

3 METODOLOGIA

Esta seção visa apresentar a classificação da pesquisa e os procedimentos metodológicos utilizados na construção e análise do portfólio bibliográfico dos indicadores ambientais como ferramenta da sustentabilidade para cidades inteligentes. Trata-se de um levantamento dos estudos disponíveis em bases de dados referenciais sobre os temas, no âmbito internacional, sendo classificada como essencialmente bibliográfica.

A busca de artigos foi realizada nas bases de pesquisa eletrônica *Web of Science*; *Science Direct* e *Scopus* por meio das palavras-chave “*environmental indicators*” AND “*smart cities*”, somado à busca sistemática, procedeu-se a pesquisa bibliográfica exploratória em estudos anteriores, relativos ao tema abordado, adaptou-se o método de Ensslin et al. (2010).

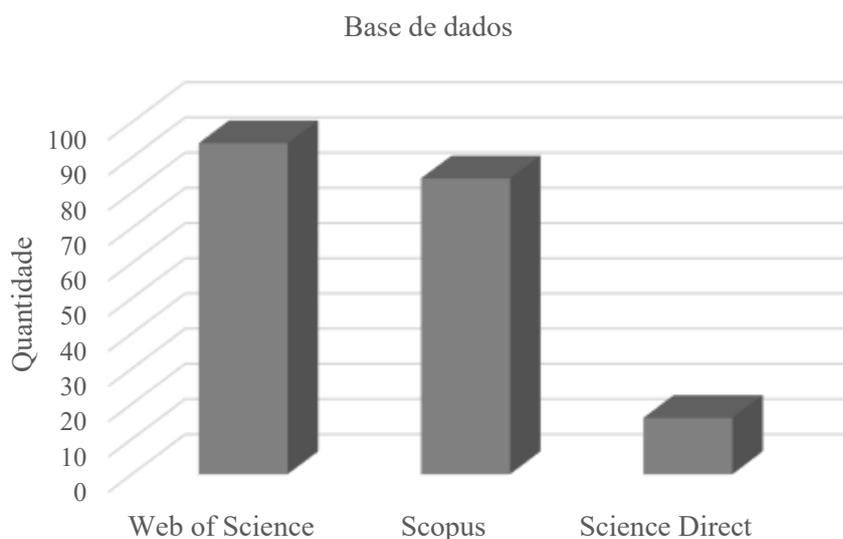
Para apurar quais artigos realmente possuíam indicadores ambientais já utilizados ou sob perspectiva de referência para utilização como instrumentos de sustentabilidade em *smart cities*, realizou-se primeiramente a leitura dos resumos das publicações selecionadas, com o intuito de refinar a amostra por meio de critérios de inclusão e exclusão. O critério de inclusão foi a existência de indicadores ambientais nos estudos. Já os critérios de exclusão foram, a saber, artigos que não se enquadraram no problema de pesquisa, ensaios e ausência de resumo na plataforma online. Por meio desse processo, a amostra final ficou constituída por 11 artigos. Após a seleção da amostra, foi realizada a análise sistemática dos mesmos a fim de obter as reflexões sobre o tema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A pesquisa foi realizada no final do mês de novembro de 2018 nas bases de dados eletrônicas *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*, usando como palavras-chave “*environmental indicator*” AND “*smart cities*”. A figura 1 demonstra a quantidade de artigos encontrados nas bases de dados, mencionadas.

Figura 1 – Gráfico das Bases de Dados utilizadas na Pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A partir da busca combinatória das palavras-chaves foram encontrados 194 artigos, onde 58 eram duplicados e 136 alinhados pelo título com os temas. Destes, 86 estavam disponíveis para a leitura integral. Quanto às datas de publicação (figura 2), é notório o crescente interesse pela temática abordada. Nos últimos dois anos ocorreram até o presente momento 52 publicações, demonstrando a atualidade e interesse que a comunidade acadêmica põe sobre esta temática.

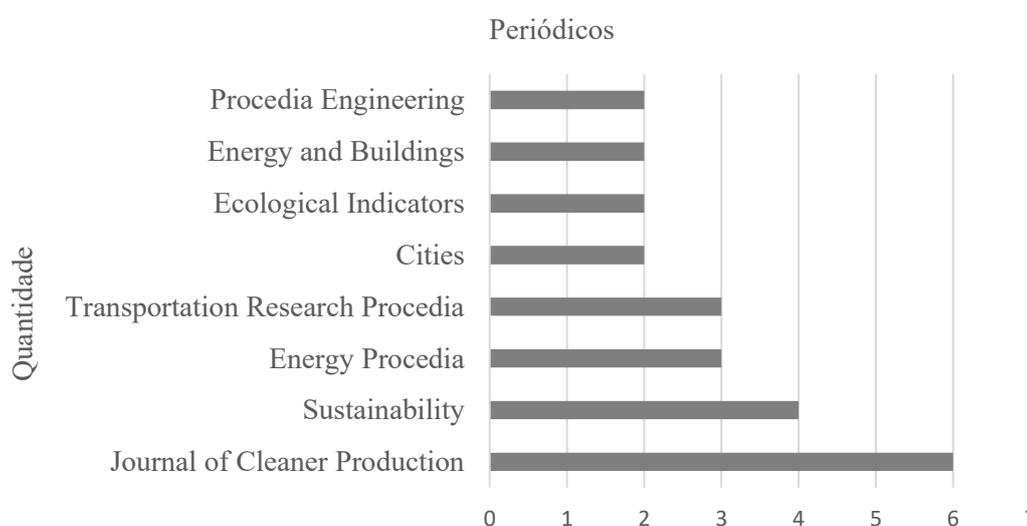
Figura 2 – Gráfico da Evolução das Publicações.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Em relação aos periódicos e suas publicações, foram encontrados publicações sobre a temática em 46 periódicos distintos. A figura 3 demonstra os periódicos que apresentaram mais de duas publicações, com destaque para o “*Journal of Cleaner Production*” com seis publicações, “*Sustainability*” com quatro publicações, “*Energy Procedia*” e “*Transportation Research Procedia*” ambos com três publicações. Dos 46 periódicos utilizados, 38 apresentaram apenas uma publicação sobre a temática.

Figura 3 – Gráfico da Relação de Periódicos.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4.2 ANÁLISE SISTEMÁTICA

No que diz respeito aos critérios de seleção do portfólio dos 11 artigos alinhados com os temas e resumos, optou-se pelo seguinte para análise sistemática: (i) critério de inclusão: existência de indicadores ambientais nos estudos, que pudessem ser utilizados para avaliação da sustentabilidade em cidades inteligentes. Dessa forma, a tabela 1 apresenta a relação final dos 11 artigos que foram analisados integralmente e sua data de publicação.

Tabela 1 – Relação dos Estudos Seleccionados para Análise Sistemática dos Temas da Pesquisa em Ordem Decrescente de Ano de Publicação.

Título	Ano
Crossing technology and sustainability in cities' development	2018
Do Brazilian cities want to become smart or sustainable?	2018
Environmental assessment of Smart City Solutions using a coupled urban metabolism—life cycle impact assessment approach	2018
Environmental indicators of sustainable computing applications for Smart City	2018
Evaluating Urban Quality: Indicators and Assessment Tools for Smart Sustainable Cities	2018
Evaluation of Sustainability Indicators in Smart Cities for India Using MCDM Approach	2017
Smart Mobility and Smart Environment in the Spanish cities	2017
Smart inability: A Methodology for Assessing the Sustainability of the Smart City	2017
What are the differences between sustainable and smart cities?	2017
City Indicators on Social Sustainability as Standardization Technologies for Smarter (Citizen-Centered) Governance of Cities	2016
Enterprise systems: are we ready for future sustainable cities	2015

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tendo em vista os critérios seleccionados para a revisão sistemática, foram analisados 11 artigos diretamente relacionados com a temática, com a finalidade de identificar os indicadores ambientais que podem ser utilizados como instrumentos de avaliação da sustentabilidade para as cidades inteligentes. A tabela 2 apresenta os indicadores citados nos artigos analisados.

Tabela 2 – Indicadores citados nos 11 artigos seleccionados.

Indicadores	Quantidade de citações
<i>Water quality</i>	9
<i>Waste management</i>	8
<i>Emissions of greenhouse gases</i>	8
<i>Atmospheric emissions</i>	6
<i>Renewable energy use</i>	6
<i>Energy consumption</i>	6
<i>Recycling</i>	5
<i>Sustainable technologies</i>	4
<i>Preservation of environments and landscapes</i>	3
<i>Cleaning streets and public areas</i>	3
<i>Ground pollution</i>	3
<i>Green urban management</i>	3
<i>Use of non-motorized transport</i>	3
<i>Use of natural resources</i>	2
<i>Drainage system</i>	2
<i>Pollution</i>	2
<i>Sanitation</i>	2
<i>Public transportation</i>	2
<i>Emission of acid gases</i>	2
<i>Emission of particulate matter</i>	2
<i>Air quality</i>	2
<i>Protection of cultural heritage</i>	1

<i>Consumption of ozone depleting</i>	1
<i>Fertilizers, use of agricultural pesticides</i>	1
<i>Forest area</i>	1
<i>Company certifications, such as iso 14001</i>	1
<i>Abundance of native species</i>	1
<i>Green buildings</i>	1
<i>Climate changes</i>	1
<i>Street lighting</i>	1
<i>Monitoring of water resources</i>	1
<i>Reduced vehicles use</i>	1
<i>Sustainable mobility urban plan</i>	1
<i>Efficiency in water consumption</i>	1
<i>Sustainable architecture</i>	1
<i>Green roofs</i>	1
<i>Smart windows</i>	1
<i>Pneumatic waste</i>	1
<i>Soil quality</i>	1

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4.3 ANÁLISE DOS INDICADORES

Com base nos artigos analisados, foi possível encontrar 39 indicadores ambientais que podem ser utilizados como instrumentos de sustentabilidade para as cidades inteligentes. Com destaque para “*Water Quality*” presente em nove artigos e para “*Waste Management*” e “*Emissions of Greenhouse Gases*” presentes em oito artigos.

A qualidade da água - *water quality* - foi o indicador ambiental mais citado nos artigos analisados (AHMAD; MEHMOOD, 2015; AHVENNIEMI et al., 2017; ALETÀA et al., 2017; ANAND et al., 2017; BIFULCO et al., 2018; GARAU; PAVAN, 2018; IPSEN et al., 2018; MARSAL-LLACUNA, 2016; ZANGH et al., 2018), sendo considerado como o parâmetro indispensável para a garantia da sustentabilidade. A importância da qualidade da água não se limita apenas às suas funções na natureza, mas ao papel que exerce na saúde, economia e qualidade de vida humana (DE SOUZA et al., 2014), está diretamente ligada a inúmeras enfermidades que acometem a população e a sua contaminação representa um dos principais riscos à saúde pública (LIBÂNIO et al., 2005).

O indicador gestão de resíduos - *waste management* - foi mencionado em oito artigos dos 11 analisados (AHMAD; MEHMOOD, 2015; AHVENNIEMI et al., 2017; ALETÀA et al., 2017; ANAND et al., 2017; BIFULCO et al., 2018; GARAU; PAVAN, 2018; IPSEN et al., 2018; JUNIOR et al., 2018), demonstrando assim a sua importância. No cenário atual vem ocorrendo um aumento na geração de resíduos, principalmente em grandes centros urbanos, fato este impulsionado pela mudança no estilo de vida da população advindo do desenvolvimento econômico, crescimento populacional, urbanização e revolução tecnológica.

A gestão de resíduos se faz necessária e se mostra como uma importante estratégia de preservação do meio ambiente (GOUVEIA, 2012). Visando a implementação de uma gestão adequada de resíduos o uso de tecnologias limpas se faz essencial, tendo como meta reduzir na fonte geradora o fluxo de resíduos (NUNESMAIA, 2002).

Emissões de gases de efeito estufa - *emissions of greenhouse gases* (AHMAD; MEHMOOD, 2015; AHVENNIEMI et al., 2017; ALETÀA et al., 2017; ANAND et al., 2017; BIFULCO et al., 2018; GIARDI et al., 2017; JUNIOR et al., 2018; MARSAL-LLACUNA, 2016) e “*atmospheric emissions*” (AHMAD; MEHMOOD, 2015; AHVENNIEMI et al., 2017; ALETÀA et al., 2017; ANAND et al., 2017; BIFULCO et al., 2018; ZANGH et al., 2018). Para os autores, são indicadores fundamentais para a sustentabilidades de cidades inteligentes, uma vez que estão diretamente relacionados com a qualidade do ar e, portanto, podem ocasionar efeitos deletérios à saúde (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002). Um dos principais impactos das emissões de gases na atmosfera é o aquecimento global (INATOMI; UDAETA, 2005), gerando aumento da temperatura na superfície da Terra, e desencadeando uma série de problemas ambientais (OTTINGER et al., 1991).

Uso de energias renováveis - *renewable energy use* (AHMAD; MEHMOOD, 2015; AHVENNIEMI et al., 2017; ALETÀA et al., 2017; ANAND et al., 2017; BIFULCO et al., 2018; GIRARDI; TEMPORELLI, 2017) e consumo de energia - *energy consumption* (AHVENNIEMI et al., 2017; ALETÀA et al., 2017; BIFULCO et al., 2018; GIRARDI; TEMPORELLI, 2017; IPSEN et al., 2018; JUNIOR et al., 2018) são indicadores que estão interligados, já que a utilização de energias renováveis, ou conhecidas como limpas, otimiza o consumo de energia e diminui os impactos causados ao meio ambiente. A inovação tecnológica; o desenvolvimento industrial; a geração distribuída e a universalização do acesso à energia; o desenvolvimento regional e local; e a criação de empregos, podem ser citados como os principais benefícios socioeconômicos trazidos pelas energias renováveis. Sendo, a busca pelo desenvolvimento sustentável um dos principais apoios motivadores às energias renováveis em nível mundial (SIMAS; PACCA, 2013).

A combinação dos indicadores citados pode contribuir com a sustentabilidade em cidades inteligentes, somados à reciclagem (*recycling*), preservação de ambientes e paisagens (*preservation of environments and landscapes*), limpezas de ruas e áreas públicas (*cleaning streets and public areas*) proteção de patrimônio cultural (*protection of cultural heritage*), poluição do solo (*ground pollution*), consumo e esgotamento de ozônio (*of ozone depleting*), uso de defensivos agrícolas (*fertilizers use of agricultural pesticides*) extensão de florestas

(*forest area*), certificações de empresas (*company certifications*) como a ISO 14001, abundância de espécies nativas (*abundance of native species*), tecnologias sustentáveis (*sustainable technologies*), utilização de recursos naturais (*use of natural Resources*), construções verdes (*green buildings*), mudanças climáticas (*climate changes*), gestão urbana verde (*green urban management*), sistema de drenagem (*drainage system*), iluminação pública (*street lighting*), monitoramento dos recursos hídricos (*monitoring of water resources*), redução do uso de veículos (*reduced vehicle use*), plano urbano de mobilidade sustentável (*sustainable mobility urban plan*), utilização de transporte não motorizado (*use of non-motorized transport*), eficiência no consumo de água (*efficiency in water consumption*), poluição (*pollution*), saneamento (*sanitation*), transporte público (*public transportation*), arquitetura sustentável (*sustainable architecture*), emissão de gases ácidos (*emission of acid gases*), emissão de material particulado (*emission of particulate matter*), telhados verdes (*green roofs*), janelas inteligentes (*smart windows*), resíduos pneumáticos (*pneumatic waste*), qualidade do ar (*air quality*) e qualidade do solo (*soil quality*) como instrumentos de avaliação.

5 CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS

Neste estudo, a revisão bibliométrica e a revisão sistemática de literatura foram aplicadas para identificar os indicadores ambientais que podem ser utilizados como instrumentos de avaliação da sustentabilidade em cidades inteligentes. Inicialmente, localizaram-se 194 artigos nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct* entre 1974 e 2018 onde, destes, apenas a partir do ano de 2013 estavam disponíveis para leitura. Após a aplicação das etapas do método proposto por Ensslin et al. (2010), 11 artigos finais atenderam ao critério de inclusão: apresentar indicador ambiental para *smart cities*. Neste sentido, este estudo possibilitou gerar conhecimento sobre os artigos, periódicos e evolução da temática desta pesquisa e, principalmente os 39 indicadores, que estão relacionados com a sustentabilidade das cidades inteligentes, como implicações teóricas. A contribuição prática desta pesquisa aponta para a necessidade de mensuração destes indicadores no referido contexto.

Com as novas tecnologias existentes no mercado, que a cada dia se atualizam, e a modernização das cidades, fica evidente a necessidade de se atentar para os impactos que tais avanços tecnológicos podem acarretar ao meio ambiente, uma vez que a sustentabilidade é de suma importância para a garantia das gerações futuras e para assegurar a dimensão “*smart environment*” das *smart cities*.

Assim, este estudo aborda o questionamento sobre a importância dos indicadores ambientais e principalmente quais são os indicadores ambientais que podem subsidiar a avaliação da sustentabilidade em cidades inteligentes. Estes indicadores podem possibilitar o diagnóstico e até mesmo soluções de problemas que possam comprometer o meio ambiente, dessa forma, auxiliam no crescimento tecnológico associado com o desenvolvimento sustentável para assegurar a sustentabilidade dessas cidades.

Como estudos futuros, sugere-se a inclusão de temas comoecoinovação e inovação sustentável para análise dos indicadores ambientais, que visa garantir resultados inovadores para as gerações futuras, levando em conta as questões socioambientais adicionalmente à perspectiva econômica no contexto das cidades inteligentes.

REFERÊNCIAS

AHMAD, Naim; MEHMOOD, Rashid. **Enterprise systems: are we ready for future sustainable cities**. Supply Chain Management: An International Journal, v. 20, n. 3, p. 264-283, 2015. AHVENNIEMI, H et al. What are the differences between sustainable and smart cities. Cities, v. 60, p. 234-245, 2017.

ALETÀ, Neus Baucellset et al. **Smart mobility and smart environment in the Spanish cities**. Transportation research procedia, v. 24, p. 163-170, 2017.

ANAND, Atul et al. Evaluation of Sustainability Indicators in Smart Cities for India Using MCDM Approach. **Energy Procedia**, v. 141, p. 211-215, 2017.

BIFULCO, Francesco et al. **Crossing technology and sustainability in cities' development**. Sustainability Science, v. 13, n. 5, p. 1287-1297, 2018.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21. Brasília: 1995; cap. 40.

CHAMBERS, Robert; CONWAY, Gordon. **Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century**. Institute of Development Studies (UK), 1992.

DAMERI, Renata Paola. **Searching for smart city definition: a comprehensive proposal**. International Journal of Computers & Technology, v. 11, n. 5, p. 2544-2551, 2013.

DE SOUZA, Juliana Rosa et al. **A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil**. REDE-Revista Eletrônica do Prodema, v. 8, n. 01, 2014.

DUTTA, Soumitra. **The Global Innovation Index 2011: accelerating growth and development**. Insead. 2011.

ENSSLIN, Leonardo et al. **ProKnow-C, Knowledge Development**. Process- Constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

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.

FORTES, Marcio Zamboti et al. **Deployment of smart metering in the Búzios City**. Transmission & Distribution Conference and Exposition-Latin America (PES T&D-LA), IEEE, 2014. p. 1-6.

FREITAS, Juarez; GIATTI, Leandro Luiz. **Sustentabilidade**. Ambiente e Saúde, 2015.

GARAU, Chiara; PAVAN, Valentina. **Evaluating Urban Quality: Indicators and Assessment Tools for Smart Sustainable Cities**. Sustainability, v. 10, n. 3, p. 575, 2018.

GARCIA, Ernest. **El trampolín fáustico: ciencia, mito y poder en el desarrollo sostenible**. Ediciones Tilde, 1999.

GIFFINGER, Rudolf; PICHLER-MILANOVIĆ, Nataša. **Smart cities: Ranking of European medium-sized cities**. Centre of Regional Science, Vienna University of Technology, 2007.

GIRARDI, Pierpaolo; TEMPORELLI, Andrea. **Smartainability: A methodology for assessing the sustainability of the smart city**. Energy Procedia, v. 111, p. 810-816, 2017.

GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência & saúde coletiva, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, SAQ. **Aterrizando una Cometa: indicadores territoriales de sustentabilidad**. Santiago do Chile: CEPAL/ILPES, 1998. Serie Investigación, Documento, v. 18, p. 98, 1998.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. Brasil Japão. Trabalhos, p. 189-205, 2005.

IPSEN, Kikki Lambrecht. et al. **Environmental assessment of Smart City Solutions using a coupled urban metabolism-life cycle impact assessment approach**. The International Journal of Life Cycle Assessment, p. 1-15, 2018.

JUNIOR, Celso Machado et al. **Do Brazilian cities want to become smart or sustainable?**. Journal of Cleaner Production, v. 199, p. 214-221, 2018.

LEMOS, André. **Cidades inteligentes**. GV-executivo, v. 12, n. 2, p. 46-49, 2013.

LIBÂNIO, Paulo Augusto Cunha et al. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

MALHEIROS, Tadeu Fabrício et al. **Modelos para a Construção de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para a Gestão e Gerenciamento de Resíduos.** ICTR–Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável e NISAM–USP Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP, Florianópolis, 2004.

MARSAL-LLACUNA, Maria-Luisa. **City indicators on social sustainability as standardization technologies for smarter (citizen-centered) governance of cities.** Social Indicators Research, v. 128, n. 3, p. 1193-1216, 2016.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. Dissertação de mestrado.

MITCHELL, Gordon. **Problems and fundamentals of sustainable development indicators.** Sustainable development, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1996.

MOSS KANTER, Rosabeth; LITOW, Stanley S. **Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities.** Harvard Business School General Management Unit Working Paper, n. 09-141, 2009.

MUELLER, C. et al. **Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.

NUNESMAIA, Maria De Fátima. **A gestão de resíduos urbanos e suas limitações.** Revista Baiana de Tecnologia–SSA, v. 17, n. 1, p. 120-129, 2002.

OTTINGER, Richard L. et al. **Environmental costs of electricity.** Prepared by Pace University center for environmental legal studies. New York: Oceana Publications, 1991.

PEREIRA, Adriane Alice. **O tripé da sustentabilidade.** Revista LOCUS, n. 50, p. 38-41, 2007.

RIBEIRO, Helena; ASSUNÇÃO, João Vicente. **Efeitos das queimadas na saúde humana.** Estudos avançados, v. 16, n. 44, p. 125-148, 2002.

SACHS, Ignacy et al. **Estratégias de transição para o século XXI.** Para pensar o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Brasiliense, p. 29-56, 1993.

SACHS, ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** Editora Garamond, 2000.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável.** Estudos avançados, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

WALZ, Rainer. **Development of environmental indicator systems: experiences from Germany.** Environmental Management, v. 25, n. 6, p. 613-623, 2000.

WINOGRAD, Manuel et al. **Desarrollo y uso de indicadores ambientales para la planificación y la toma de decisiones en la Corporación Autónoma Regional del Risaralda.** Marco Conceptual e Aplicación. Cali: CIAT. 42f, 1996.

ZANELLA, Giovanni. et al. **Os Indicadores Ambientais e os Resíduos Perigosos.** ICTR– Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável e NISAM–USP Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP, Florianópolis, 2004.

ZHANG, Yan.; PU, Haitao. **Environmental indicators of sustainable computing applications for Smart City.** Concurrency and Computation: Practice and Experience, p. e 4751, 2018.