

Sustentabilidade ambiental das Regiões Metropolitanas do Ceará: o que mostram os indicadores?

Maria Lucineide Gomes da Silva

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Resumo

Este artigo aborda a potencialidade de utilização de indicadores em análises acerca da sustentabilidade ambiental em espaços territoriais com expressivos processos de urbanização. O objetivo é analisar a sustentabilidade ambiental urbana de três regiões metropolitanas legalmente estabelecidas e localizadas no estado do Ceará: a Região Metropolitana de Fortaleza, a Região Metropolitana de Sobral e a Região Metropolitana do Cariri. A investigação permite verificar a existência de desigualdades nos níveis de sustentabilidade ambiental entre as regiões metropolitanas, além de identificar os municípios mais desfavorecidos nesse aspecto. Para o alcance do objetivo, fez-se uso de seis indicadores e 28 variáveis que compõem a dimensão ambiental do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM). Os resultados são preocupantes: as regiões metropolitanas apresentaram um nível de sustentabilidade ambiental de *Alerta*; e apenas três municípios, isoladamente, apresentaram um nível *Aceitável*: Juazeiro do Norte, Fortaleza e Jardim. Isso evidencia a necessidade e urgência de se tomar medidas visando à melhoria da sustentabilidade ambiental local, além de se realizar estudos que avaliem como se encontram as demais dimensões.

Palavras-chave | Desenvolvimento regional; IDSM; indicadores de sustentabilidade; meio ambiente; planejamento urbano.

Classificação JEL | Q56 R11 R14.

Environmental sustainability of the Metropolitan Regions of Ceará: what do the indicators show?

This article discusses the potential for using indicators in analyses of environmental sustainability in territorial spaces with significant urbanisation processes. The aim is to analyse the urban environmental sustainability of three legally established metropolitan regions located in the state of Ceará: the Metropolitan Region of Fortaleza, the Metropolitan Region of Sobral and the Metropolitan Region of Cariri. The research makes it possible to verify the existence of inequalities in the levels of environmental sustainability between the metropolitan regions, as

well as identifying the most disadvantaged municipalities in this respect. To achieve this goal, six indicators and 28 variables that make up the environmental dimension of the Sustainable Development Index for Municipalities (IDSM) were used. The results are worrying: the metropolitan regions presented a level of environmental sustainability of Alert; and only three municipalities alone presented an Acceptable level: Juazeiro do Norte, Fortaleza and Jardim. This highlights the need and urgency of taking measures to improve local environmental sustainability, as well as carrying out studies to assess how the other dimensions are doing.

Keywords | Environment; IDSM; regional development; sustainability indicators; urbanisation.

JEL Classification | Q56 R11 R14.

Sostenibilidad ambiental de las Regiones Metropolitanas de Ceará: ¿qué muestran los indicadores?

Resumen

Este artículo aborda la potencialidad del uso de indicadores en análisis relativos a la sostenibilidad ambiental en espacios territoriales con expresivos procesos de urbanización. El objetivo es analizar la sostenibilidad ambiental urbana de tres regiones metropolitanas legalmente establecidas y ubicadas en el estado de Ceará: la Región Metropolitana de Fortaleza, la Región Metropolitana de Sobral y la Región Metropolitana de Cariri. La investigación permite verificar la existencia de desigualdades en los niveles de sostenibilidad ambiental entre las regiones metropolitanas, además de identificar los municipios más desfavorecidos en este aspecto. Para alcanzar el objetivo, se usaron seis indicadores y 28 variables que componen la dimensión ambiental del Índice de Desarrollo Sostenible para Municipios (IDSM). Los resultados fueron preocupantes: las regiones metropolitanas presentaron un nivel de sostenibilidad ambiental de *Alerta*, y solo tres municipios, individualmente, presentaron un nivel *Acceptable*: Juazeiro do Norte, Fortaleza y Jardim. Esto evidencia la urgente necesidad de tomar medidas para mejorar la sostenibilidad medioambiental local, además de realizar estudios que evalúen el estado de las demás dimensiones.

Palabras clave | Desarrollo regional; IDSM; indicadores de sostenibilidad; medio ambiente; planificación urbana.

Clasificación JEL | Q56 R11 R14.

Introdução

O objetivo deste artigo consiste na análise da sustentabilidade ambiental urbana de três regiões metropolitanas legalmente estabelecidas e localizadas no estado do Ceará. O índice de sustentabilidade ambiental baseia-se na utilização de indicadores ambientais, mais precisamente aqueles presentes na dimensão ambiental do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM), desenvolvido por

Martins e Cândido (2008). O principal objetivo é investigar a existência de desigualdades em relação à sustentabilidade ambiental entre as três regiões, além de identificar os municípios mais desfavorecidos nesse aspecto.

A justificativa de se trabalhar com as regiões metropolitanas se respalda na relevância demográfica, econômica e espacial dessas aglomerações urbanas (Sathler; Paiva; Baptista, 2019). Região metropolitana refere-se a um espaço territorial densamente urbanizado e constituído por mais de um município, independentemente da sua vinculação administrativa, ou seja, “a região metropolitana é fruto do crescimento para além dos limites territoriais do município no qual está inserida” (Mencio, 2015, p. 167), e sua formação se relaciona diretamente com o intenso crescimento urbano.

O ambiente urbano, em geral, apresenta-se como um grande adensamento populacional, abrigando variadas atividades geradoras de riquezas, detentores de infraestruturas e componentes e fatores diversos que implicam o desenvolvimento desses espaços (Almeida, 2021; Moreira; Nascimento, 2020). As altas taxas de crescimento populacional e o processo de expansão desordenada dos centros urbanos provocaram uma série de problemas, como desigualdade social, poluição sonora, do ar, dos rios, dos recursos hídricos, problemas relacionados com a geração e descarte de resíduos sólidos, mobilidade ineficiente, supressão da cobertura vegetal, surgimento de ilhas de calor, desconforto térmico, entre outros (Rodrigues Maróstica *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2022). Esses espaços acabam por concentrar algumas das mais importantes e significativas fontes de emissão de poluentes. Nesse contexto, tem-se a importância de estudá-las usando indicadores ambientais urbanos, os quais podem gerar diagnósticos que retratem a situação da cidade e seus componentes e, a partir da identificação de determinados aspectos, apontar pontos de melhoria (Borges; Britto; Nunes, 2018; Torres *et al.*, 2022).

Na sua essência, o indicador trata-se de uma ferramenta capaz de mensurar e avaliar o grau de sustentabilidade das sociedades, além de desempenhar um importante papel para dar subsídios aos tomadores de decisão e governantes locais no que diz respeito às ações voltadas para o planejamento urbano, bem como para a tomada de decisões nas políticas públicas locais (Barros; Silveira, 2019; Bellen, 2006; Pereira; Curi; Curi, 2018; Sánchez; Zulaica, 2018; Shen *et al.*, 2011). Ressalta-se que estratégias de planejamento urbano que levam em consideração as questões relacionadas à resiliência e são norteadas por uma visão sistêmica, consagram-se como um importante elemento na diminuição das diferentes vulnerabilidades ambientais presentes nas áreas urbanas. A diminuição dessas é fundamental para garantir uma sustentabilidade urbana (Sotto *et al.*, 2019).

A sustentabilidade urbana é tratada por Gutiérrez *et al.* (2020) como sendo essencial para alcançar uma tendência de desenvolvimento adequada nas cidades ao longo das gerações, uma vez que ela “implica atingir qualitativamente um nível ambiental,

socioeconômico e institucional que permita o funcionamento equilibrado da cidade no longo prazo” (Gutiérrez *et al.*, 2020, p. 147, tradução nossa).

Na conjuntura da sustentabilidade, os indicadores ambientais fornecem informações acerca das características naturais do ambiente físico. Assim, auxiliando no fortalecimento e na execução de ações e medidas que busquem a redução dos processos de deterioração ambiental, ao mesmo tempo que simplifiquem, quantifiquem e ordenem as informações referentes às mudanças no estado dos recursos naturais, contribuindo diretamente para a melhoria da qualidade de vida local (Velazquez-Mar; Salazar-Solano, 2020).

Metodologia

Delimitação e caracterização da área de estudo

A área de estudo neste trabalho é composta por três regiões metropolitanas localizadas no estado do Ceará: Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Região Metropolitana de Sobral (RMS) e Região Metropolitana do Cariri (RMC).

A RMF é composta por 19 municípios: Aquiraz, Cascavel, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiuba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba, Paracuru, Paraipaba, Pindoretama, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu e Trairi. Foi criada pela Lei nº 18, de 29 de dezembro de 1999 (CEARÁ, 1999). Inicialmente composta por 13 municípios, a referida lei e posteriores foram alteradas pela Lei Complementar nº 144, de 04 de setembro de 2014, a qual estabeleceu a composição atual da RM Fortaleza com os 19 municípios citados (CEARÁ, 2014). A população total estimada para 2021 na RM era de 4.167.996 habitantes, em uma área de 7.434 km² (IPECE, 2022) e a participação no Produto Interno Bruto (PIB) do estado foi de 64,60% (IPECE, 2018).

A RMS foi criada pela Lei nº 168, de 27 de dezembro de 2016 (CEARÁ, 2016), e é composta por 18 municípios: Alcântaras, Cariré, Coreaú, Forquilha, Frecheirinha, Graça, Groaíras, Massapê, Meruoca, Moraújo, Mucambo, Pacujá, Pires Ferreira, Reriutaba, Santana do Acaraú, Senador Sá, Sobral e Varjota. Em 2021, a população total residente na RMS era de aproximadamente 503.671 habitantes, em uma área de 8.512 km² (IPECE, 2022), com uma participação no PIB estadual de 4,47 % (IPECE, 2018).

A RMC é a mais nova e a menor em número de cidades em relação às três regiões metropolitanas em análise. Foi estabelecida pela Lei Complementar nº 78, de 26 de junho de 2009, composta por apenas nove cidades: Barbalha, Caririáçu, Crato, Farias Brito, Jardim, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Santana do Cariri e Nova Olinda (CEARÁ, 2009). A população estimada nessa RM, em 2021, era de 616.478

habitantes, em uma área de 5.456,01 km² (IPECE, 2022), com uma participação no PIB do estado de 5,48% (IPECE, 2018).

Processamento dos dados

A escolha dos indicadores utilizados neste trabalho teve como ponto de partida a metodologia desenvolvida por (Martins; Cândido, 2008): o Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM). Mais precisamente, os seis indicadores e suas respectivas variáveis que compõem a dimensão ambiental do IDSM. Buscando tornar a metodologia passível de ser aplicada em outros municípios e regiões, foram usadas bases de dados secundários de fácil acesso e abertas ao público.

Após a escolha dos indicadores, identificou-se a relação que cada variável apresenta para a dimensão ambiental. Foram consideradas positivas aquelas que quanto maior o valor do indicador, melhor é o índice. O aumento no valor dessa variável resulta em melhorias no sistema. No caso da variável ser considerada negativa, quanto maior o valor do indicador, pior é o índice. Isso significa que o aumento no valor resulta em uma pior situação (Frainer *et al.*, 2017; Macêdo; Cândido, 2011; Martins; Candido, 2012; Otávio *et al.*, 2016).

Os indicadores e a relação de suas variáveis, assim como a fonte de dados e as respectivas relações (positivas ou negativas) apresentadas por esses, podem ser visualizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Lista de indicadores utilizados neste trabalho

Indicador/ Variável	Fonte	Relação (Positiva ou Negativa)
Qualidade das águas		
Incidência de amostras de cloro residual fora do padrão	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Positiva
Incidência de amostras com turbidez fora do padrão	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Negativa
Conformidade na quantidade de amostras analisadas para aferição de cloro residual	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Positiva
Conformidade na quantidade de amostras analisadas para aferição de turbidez	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Negativa
Incidência de amostras com coliformes fecais fora do padrão	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Positiva

Indicador/ Variável	Fonte	Relação (Positiva ou Negativa)
Conformidade na quantidade de amostras para identificar coliformes fecais	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Negativa
Tratamento das águas		
Tratada em ETAs	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Positiva
Tratada por desinfecção	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Positiva
Consumo médio <i>per capita</i> de água	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Série Histórica	Negativa
Acesso à coleta de lixo urbano e rural		
Lixo coletado (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 8	Positiva
Lixo queimado ou enterrado (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 8	Negativa
Outro destino (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 8	Negativa
Lixo coletado (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 8	Positiva
Lixo queimado ou enterrado (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 8	Negativa
Outro destino (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 8	Negativa
Acesso ao sistema de abastecimento de água urbano e rural		
Rede geral (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 6	Positiva
Poço ou nascente (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 6	Negativa
Outra forma (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 6	Negativa
Rede geral (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 6	Positiva
Poço ou nascente (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 6	Negativa
Outra forma (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 6	Negativa
Tipo de esgotamento sanitário por domicílio urbano e rural		

Indicador/ Variável	Fonte	Relação (Positiva ou Negativa)
Rede geral de esgoto (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Positiva
Fossa séptica (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Positiva
Outro tipo (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Negativa
Não possui esgotamento sanitário (urbana)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Negativa
Rede geral de esgoto (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Positiva
Fossa séptica (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Positiva
Outro tipo (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Negativa
Não possui esgotamento sanitário (rural)	Censo Demográfico 2000 Indicadores Sociais – Tabela 7	Negativa

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a classificação das variáveis em positivas ou negativas, buscou-se a padronização dos dados, uma vez que se tem variáveis em diferentes unidades de medida. Dessa forma, foram utilizadas as fórmulas a seguir com base na metodologia apresentada por Waquil *et al.* (2010), que possibilita ajustar os valores das variáveis numa escala com variação de 0 a 1 (mínimo a máximo).

Quando a relação é positiva:

Fórmula 1: $I = ((x-m))/((M-m))$

Quando a relação é negativa:

Fórmula 2: $I = ((M-x))/((M-m))$

Onde: I = índice calculado para cada município analisado;

x = valor de cada variável em cada município;

m = valor mínimo identificado nessas localidades;

M = valor máximo identificado nessas localidades.

O valor mínimo e o valor máximo de cada variável em estudo são definidos da seguinte maneira: para o cálculo dos índices referentes às três regiões metropolitanas do Ceará, a base de dados é formada com todos os municípios que compõem essas regiões. A partir dessa base de dados a transformação das variáveis em índices é

operacionalizada considerando os extremos, ou seja, os valores mínimos e máximos observados nesses contextos.

Após a transformação dos indicadores em índices, realiza-se a agregação desses pela média aritmética de cada indicador que compõe a dimensão ambiental, de modo individual, para cada um dos municípios que formam cada uma das regiões metropolitanas estudadas.

A fórmula utilizada para o cálculo é expressa a seguir:

$$IDa = ((I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)) / n$$

Onde: IDa – Índice da dimensão ambiental;

I_n – Indicador n;

n – Número de Indicadores

O IDa final para cada região foi calculado por meio da média aritmética dos IDa's de todos os municípios que formam aquela região.

Ressalta-se que a organização e cálculo dos dados foram operacionalizados utilizando o *Software Microsoft Excel*.

Representação gráfica

A representação gráfica dos resultados ocorreu por meio de sinalizadores coloridos aplicados nas células dos quadros dos resultados. Utilizou-se um conjunto de cores que corresponde aos níveis de sustentabilidade, com variação de 0 a 1, conforme a Tabela 1. A paleta de cores também foi aplicada no mapa temático produzido.

Tabela 1 – Classificação e representação dos índices em níveis de sustentabilidade

Índice (0-1)	Desempenho	Coloração
0,7501 – 1,0000	Ideal	
0,5001 – 0,7500	Aceitável	
0,2501 – 0,5000	Alerta	
0,0000 – 0,2500	Crítico	

Fonte: Adaptado de Martins e Cândido (2008).

Resultados e discussão

A partir do cálculo do índice da sustentabilidade ambiental para cada um dos municípios que formam a RMF foi realizada a agregação por meio de média aritmética desses índices, gerando como produto o índice de desenvolvimento ambiental para RMF. O índice dessa região foi de 0,41 classificado como nível de alerta, mostrando uma situação local não favorável quanto à sustentabilidade ambiental. No Quadro 2, apresentam-se os valores obtidos de modo individual para os municípios da região, estabelecendo um *ranking* das situações apresentadas. Tem-se Fortaleza em primeiro lugar, sendo o único município da região que apresenta um índice considerado aceitável (0,61), enquanto os demais todos apresentaram situações de alerta. Dentre esses, Chorozinho apresentou a pior colocação, com índice de 0,32.

Quadro 2 – Índice de sustentabilidade ambiental dos municípios da RMF

Município	IDa por Município	IDa da RM
Fortaleza	0,6085	0,4114
Pindoretama	0,4912	
Paraipaba	0,4796	
Maranguape	0,4546	
Paracuru	0,4496	
Itaitinga	0,4443	
São Luís do Curu	0,4151	
Eusébio	0,4038	
Aquiraz	0,398	
Caucaia	0,3958	
Maracanaú	0,3942	
São Gonçalo do Amarante	0,3941	
Pacatuba	0,3887	
Guaiuba	0,3763	
Cascavel	0,3704	
Pacajus	0,3588	
Trairi	0,3357	
Horizonte	0,3327	
Chorozinho	0,3242	

Fonte: Elaborado pelos autores.

A situação apresentada pela RMS e de seus municípios assemelha-se à da RMF, com um índice de sustentabilidade ambiental considerado em nível de alerta, no valor de 0,38. Todos os municípios da região apresentaram níveis de alerta, sendo Forquilha o que apresentou um melhor nível (0,45), o que pode ser considerado mais próximo de mudar para um de nível considerado aceitável, e o pior foi Pires Ferreira, com o índice de 0,34 (Quadro 3).

Quadro 3 – Índices de sustentabilidade ambiental dos municípios da RMS

Município	IDa por Município	IDa da RM
Forquilha	0,4543	0,3849
Sobral	0,4484	
Santana do Acaraú	0,4323	
Alcântaras	0,4308	
Moraújo	0,4103	
Pacujá	0,4103	
Senador Sá	0,3901	
Reriutaba	0,3891	
Groaíras	0,3843	
Mucambo	0,3728	
Cariré	0,3648	
Coreaú	0,3644	
Meruoca	0,3633	
Graça	0,3463	
Frecheirinha	0,3442	
Massapê	0,3442	
Varjota	0,3410	
Pires Ferreira	0,3368	

Fonte: Elaborado pelos autores.

O resultado apresentado por essa RM evidencia a necessidade de se ter uma maior atenção para a questão de planejamento visando um desenvolvimento sustentável. Pontua-se que esse resultado pode ter uma ligação direta com o fato dessa unidade territorial apresentar alguns dos municípios mais pobres do Ceará: Groaíras, Alcântaras, Pires Ferreira, Pacujá e Senador Sá (IPECE, 2018). Além disso, dentre os municípios que compõem a RMS, apenas Sobral, uma cidade média considerada como a sede metropolitana da RM, possui uma complexa rede de atividades, enquanto as demais possuem pouca dinamicidade, caracterizadas como pequenos municípios. Essa unidade territorial apresenta elevadas disparidades no que se refere

a questões socioeconômicas (Rodrigues; Teles; Sales, 2019), implicando diretamente no nível de sustentabilidade dessa localidade.

A RMC, embora tenha apresentado um índice de sustentabilidade ambiental em nível de alerta, no valor de 0,4379, apresentou dois municípios com níveis considerados aceitáveis. No *ranking* da melhor situação aceitável está o município de Juazeiro do Norte, seguido pelo município de Jardim, que apresentaram os índices de 0,5453 e 0,5146, respectivamente, enquanto os demais apresentaram níveis considerados de alerta, sendo o pior colocado o município de Missão Velha, com um índice de 0,3481 (Quadro 4).

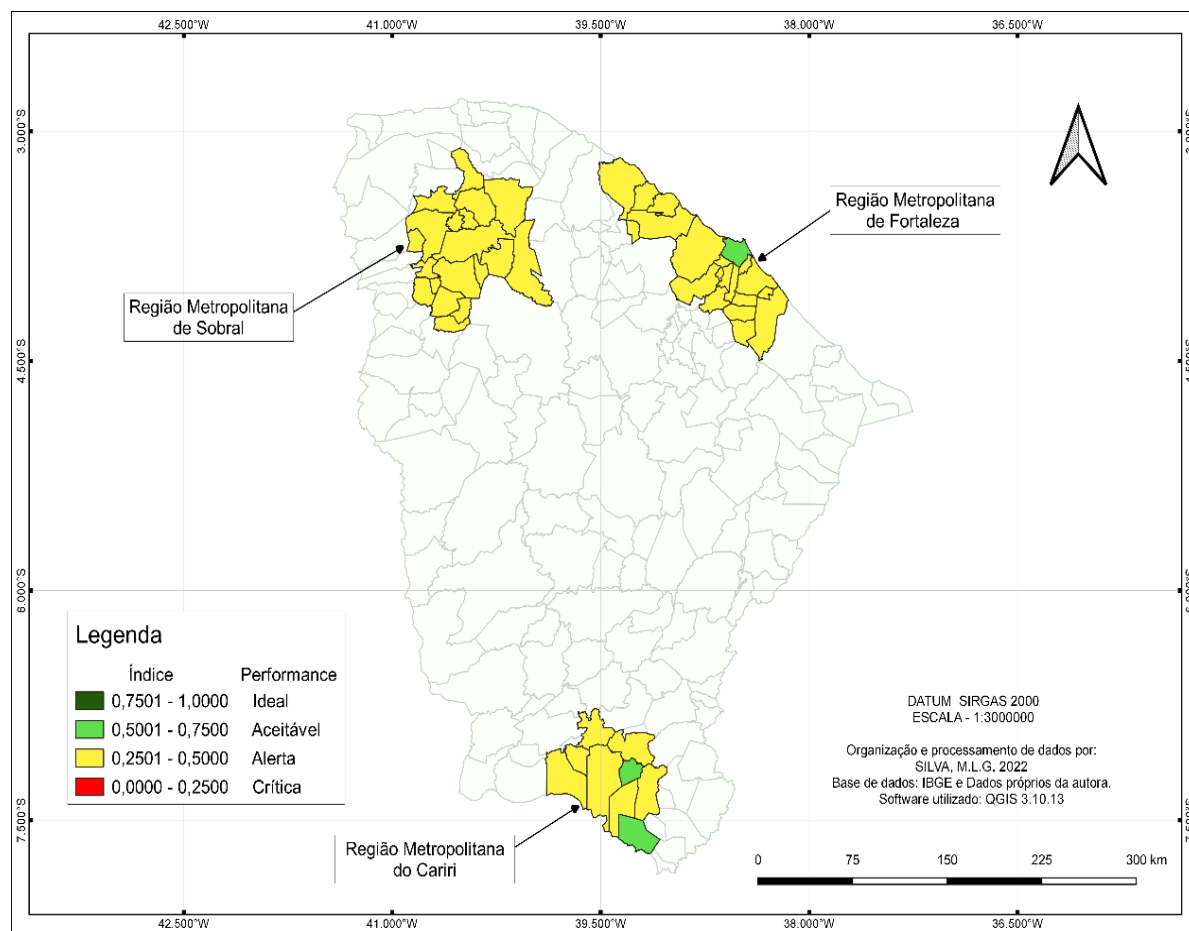
Quadro 4 – Índices de sustentabilidade ambiental dos municípios da RMC

Município	IDa por Município	IDa da RM
Juazeiro do Norte	0,5453	0,4379
Jardim	0,5146	
Barbalha	0,4562	
Caririçu	0,4533	
Nova Olinda	0,4465	
Crato	0,4289	
Farias Brito	0,3799	
Santana do Cariri	0,3686	
Missão Velha	0,3481	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A espacialização dos resultados pode ser melhor visualizada na Figura 1. Observa-se que dois dos municípios que apresentaram níveis de sustentabilidade ambiental aceitável se encontram próximos, no caso de Juazeiro do Norte e Barbalha, na porção Sul do estado, e ambos se encontram distantes de Fortaleza, que é a capital do estado e também apresentou nível considerado aceitável.

Figura 1 – Mapa demonstrativo da IDa das RM do CE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A presença de um nível considerado como aceitável para Juazeiro do Norte e Fortaleza se justifica pelo maior investimento e a presença de equipamentos e estruturas de distribuição e tratamento de água e esgotamento sanitário. Entretanto, frisa-se que somente esse aspecto não caracteriza um bom nível de sustentabilidade real daquele espaço. Estudos realizados nos referidos municípios apontam para determinadas carências e necessidade de melhorias desses sistemas e dos equipamentos. Com relação à cobertura do abastecimento de água em Fortaleza, Oliveira (2017) chama atenção para o fato de que existem grandes disparidades entre os bairros da cidade, havendo bairros com cobertura quase total e outros com apenas pouco mais da população residente sendo atendida pelo sistema. O mesmo autor aponta para situação semelhante quanto ao acesso à rede de coleta de esgoto, que não abrange toda a cidade, sendo o bairro Centro e as áreas adjacentes as que têm maior cobertura (Oliveira, 2017).

Em 2016, Juazeiro do Norte foi o único município da RMC a apresentar uma proporção de 90% na taxa de cobertura no acesso à rede de abastecimento de água, sendo o único na RMC a se aproximar da universalização desse serviço

(Nascimento; Chacon, 2016). Os referidos autores ainda destacaram a problemática quanto ao acesso à rede geral de esgoto, onde nenhum dos municípios da RM atingiram uma proporção de 50%, sendo Juazeiro do Norte o município com a melhor taxa, de 47,2%.

Com relação à cidade de Jardim, o nível aceitável decorre do mesmo apresentar índices com valores acima da média dos demais municípios que compõem a RMC, destaque para os indicadores referentes à “Qualidade das águas” (0,6093), ao “Consumo médio per capita de água” (0,7594) e ao “Tipo de esgotamento sanitário por domicílio urbano e rural” (0,4317). Pontua-se que dentre os municípios da RMC, esse é o que possui a maior proporção da população residindo na zona rural, com um percentual de 63,3% (Silva; Sousa, 2019). Salienta-se que as comunidades rurais desse município apresentam alguns aspectos sociais que merecem atenção especial, com um baixo nível de renda, de escolaridade e de questões socioculturais. Além disso, lidam com algumas problemáticas, dentre essas o descarte inadequado de resíduos sólidos, visto que o mesmo ainda faz uso de lixões (Santos; Cordeiro, 2021).

Comparando os resultados das três regiões, dentro da faixa considerada como alerta, tem-se a RM do Cariri com melhor desempenho 0,4379, ou seja, mais próxima de se alcançar um nível aceitável, seguida pela RMF com 0,4114 e por último a RMS, com índice de 0,3849. Com o Quadro 5, identifica-se os indicadores e variáveis mais problemáticos, que necessitam ser trabalhados pelos tomadores de decisão e governantes locais para se alcançar melhores níveis de sustentabilidade ambiental nessas regiões. Entre esses, frisa-se aqueles que apresentaram níveis críticos em todas as regiões, sendo eles: as variáveis referentes ao percentual de amostras fora do padrão para análises de cloro residual e coliformes fecais; indicador “Tratamento das águas”, e suas duas variáveis (tratada em Estações de Tratamento de Água e tratada por desinfecção); a variável referente ao lixo coletado na zona rural e as variáveis referentes à cobertura de rede geral de esgoto e fossa séptica na zona rural.

Quadro 5 – Índices de sustentabilidade ambiental das RM do CE

Indicador/ Variável	Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)		Região Metropolitana de Sobral (RMS)		Região Metropolitana do Cariri (RMC)	
	Índice por Indicador/ Variável	Índice Final	Índice por Indicador/ Variável	Índice Final	Índice por Indicador/ Variável	Índice Final
Qualidade das águas	0,3541	0,4114	0,4115	0,3849	0,4827	0,4379
Incidência de amostras de cloro residual fora do padrão	0,0105		0,0335		0,1163	
Incidência de amostras com turbidez fora do padrão	0,5256		0,7758		0,9018	

Conformidade na quantidade de amostras analisadas para aferição de cloro residual	0,0348		0,3918		0,2228	
Conformidade na quantidade de amostras analisadas para aferição de turbidez	0,8492		0,6321		0,9518	
Incidência de amostras com coliformes fecais fora do padrão	0,1314		0,0717		0,0905	
Conformidade na quantidade de amostras para identificar coliformes fecais	0,5733		0,5639		0,6128	
Tratamento das águas	0,0362		0,0040		0,1056	
Tratada em ETAs	0,0688		0,0075		0,0008	
Tratada por desinfecção	0,0035		0,0004		0,2105	
Consumo médio <i>per capita</i> de água	0,5963		0,5449		0,4720	
Acesso à coleta de lixo urbana e rural	0,5729		0,4614		0,5764	
Lixo coletado (urbana)	0,6217		0,4806		0,7697	
Lixo queimado ou enterrado (urbana)	0,5204		0,7611		0,8909	
Outro destino (urbana)	0,8811		0,5320		0,7901	
Lixo coletado (rural)	0,2290		0,0111		0,0353	
Lixo queimado ou enterrado (rural)	0,3864		0,8088		0,5532	
Outro destino (rural)	0,7985		0,1749		0,4193	
Acesso ao sistema de abastecimento de água urbana e rural	0,5138		0,5966		0,6975	
Rede geral (urbana)	0,4681		0,7351		0,8726	
Poço ou nascente (urbana)	0,6049		0,9167		0,9475	
Outra forma (urbana)	0,7037		0,7555		0,8448	
Rede geral (rural)	0,1558		0,1736		0,4028	
Poço ou nascente (rural)	0,5298		0,4871		0,5820	
Outra forma (rural)	0,6203		0,5113		0,5353	
Tipo de esgotamentos sanitário por domicílio urbana e rural	0,3949		0,2909		0,2934	
Rede geral de esgoto (urbana)	0,1717		0,2337		0,3354	
Fossa séptica (urbana)	0,3044		0,0818		0,0457	
Outro tipo (urbana)	0,4596		0,3861		0,4189	
Não possui esgotamento sanitário (urbana)	0,7705		0,5829		0,6058	
Rede geral de esgoto (rural)	0,0349		0,0699		0,0019	
Fossa séptica (rural)	0,1840		0,0423		0,0243	
Outro tipo (rural)	0,5766		0,7710		0,6869	
Não possui esgotamento sanitário (rural)	0,6572		0,1598		0,2282	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação à performance dos indicadores e variáveis, destaca-se o fato de que todas as RM apresentaram alto percentual de indicadores classificados como críticos. A RMC apresentou o maior percentual de indicadores e variáveis em nível ideal (24%), seguido pela RMS com 18%. Porém, essa RM apresentou o maior percentual em nível crítico de 38%, o que implica em uma performance final negativa. Destaca-se a performance da RMF, que embora tenha apenas 12% dos seus indicadores e variáveis como ideais, possui 38% classificados como aceitáveis. Com medidas e ações que busquem a melhoria dos indicadores, essa RM tem grande potencial de melhorar sua performance (Tabela 2).

Tabela 2 – Representação da performance dos indicadores

Performance	RM de Fortaleza	RM de Sobral	RM do Cariri
Ideal	12%	18%	24%
Aceitável	38%	24%	24%
Alerta	18%	21%	21%
Crítica	32%	38%	32%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando os resultados de maneira conjunta, evidencia-se que em todas as regiões metropolitanas do Ceará há existência de uma demanda premente por estratégias de planejamento urbano que possam enfrentar os desafios identificados. Estratégias que incluíam políticas de transporte público eficientes e acessíveis, incentivos para o desenvolvimento de infraestrutura verde, e regulamentações rigorosas para a redução da poluição e o uso sustentável dos recursos naturais, são exemplos de ações que podem ser tomadas pelos governantes locais. Para Anguelovski *et al.* (2018), essas são importantes medidas capazes de melhorar a qualidade de vida urbana e promover a equidade ambiental em regiões metropolitanas.

Além disso, é essencial que existam políticas públicas e iniciativas do setor privado para implementar medidas eficazes de sustentabilidade ambiental. Seto *et al.* (2020) enfatizam a importância da colaboração entre governos locais, sociedade civil e setor privado para alcançar a sustentabilidade urbana. Por conseguinte, é recomendável que os formuladores de políticas e os líderes empresariais do Ceará considerem abordagens colaborativas ao planejar e implementar medidas para melhorar a sustentabilidade ambiental nas regiões metropolitanas do estado.

Considerações finais

Os cenários expostos a partir do detalhamento de cada uma das três regiões metropolitanas do Ceará estudadas explicitam as fragilidades das mesmas no que se refere à sustentabilidade ambiental. Levando em consideração os indicadores utilizados, evidencia-se o longo caminho que deve ser trilhado na busca pela sustentabilidade ambiental em cada um dos municípios presentes nessas regiões. Com exceção de três municípios (Juazeiro do Norte, Fortaleza e Jardim), os demais se mostraram em nível de alerta. Frisa-se que, para uma análise mais detalhada da sustentabilidade dessas regiões, é necessário se avaliar as demais dimensões, como, por exemplo, econômica, social, cultural e político-institucional.

Destaca-se que o uso dos indicadores se mostrou eficiente, uma vez que permitiu avaliar o nível de sustentabilidade ambiental das regiões. Reforça-se que a metodologia utilizada possui capacidade de ser aplicada, com as devidas adaptações, em outros escopos territoriais, uma vez que os indicadores e variáveis presentes são de fontes de dados públicos e de fácil acesso. Pontua-se, ainda, a importância da complementação dos resultados com discussão acerca de resultados de outros trabalhos realizados nas áreas estudadas de modo a levar em consideração características que nem sempre são passíveis de mensuração.

Para trabalhos futuros, sugere-se a inserção demais indicadores e variáveis, avaliando as interferências desses no índice final, e futuramente, após a disponibilização dos novos dados do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizar uma comparação, identificando possíveis mudanças da sustentabilidade ambiental na área de estudo.

Referências

ALMEIDA, J. R. DE. Gestão de áreas verdes e sustentabilidade: estudo de caso a partir dos indicadores de qualidade ambiental urbana. **Paisagem e Ambiente**, v. 32, n. 48, p. e183164, 6 out. 2021.

ANGUELOVSKI, I. et al. Urban social and environmental inequalities and climate change adaptation: the potential of values, ethics, and justice. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 35, 11-18.2018

BARROS, R. T. DE V.; SILVEIRA, Á. V. F. Use of sustainability indicators for the assessment of urban solid waste management in Belo Horizonte's metropolitan region, MG, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 411–423, 1 mar. 2019.

BELLEN, H. M. VAN. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BORGES, M. J.; BRITTO, L.; NUNES, D. Indicadores de sustentabilidade: Pegada Ecológica Urbana. **Colóquio: Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 149–174, 2018.

CEARÁ. **Lei Complementar nº 18, de 29 de dezembro de 1999**. Dispõe sobre a região metropolitana de Fortaleza, cria o conselho deliberativo e o fundo de desenvolvimento da região metropolitana de fortaleza- FDM, altera a composição de microrregiões do estado do Ceará e dá outras providências. Diário oficial do Estado, Fortaleza, 29 de dezembro de 1999, Série 2, ano II, Nº469., 1999.

CEARÁ. **Lei Complementar nº 78, de 26 de junho de 2009**. Dispõe sobre a região metropolitana do Cariri, cria o conselho deliberativo e o fundo de desenvolvimento da região metropolitana do Cariri- FDMC, altera a composição de microrregiões do estado do Ceará e dá outras providências. Diário oficial do Estado, Fortaleza, 03 de julho de 2009, Série 3, ano I, Nº121., 2009.

CEARÁ. **Lei Complementar nº 144, de 10 de setembro de 2014**. Altera o item 1, do inciso I do art.1º, bem como o item 2, do inciso II do art.1º da Lei Complementar nº03, de 26 de junho de 1995, alterada pela Lei Complementar nº18, de 29 de dezembro de 1999, com alteração posterior pela Lei Complementar nº78, de 26 de junho de 2009. Diário oficial do Estado, Fortaleza, 08 de setembro de 2014, Série 3, ano VI, Nº166., 26 jun. 2014.

CEARÁ. **Lei Complementar nº 168, de 27 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre a região metropolitana do Sobral, cria o conselho de desenvolvimento e integração da região metropolitana de Sobral. Diário oficial do Estado, Fortaleza, 28 de dezembro de 2016, Série 3, ano VIII, Nº245., 28 dez. 2016.

FRAINER, D. M. et al. Uma aplicação do Índice de Desenvolvimento Sustentável aos municípios do estado de Mato Grosso do Sul. **Interações**, p. 145–156, maio 2017.

GUTIÉRREZ, D. D. L. H. et al. Spatial analysis of the Urban environmental sustainability index in the megalopolis of Mexico City. **Investigaciones Geográficas**, n. 73, p. 147-169, 1 jun. 2020.

IPECE. **IPECE Informe: PIB dos Municípios Cearenses - 2016**. Fortaleza: [s.n.]. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br>.

IPECE. **IPECEDATA Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará**. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-regional.xhtml>. Acesso em: 4 out. 2022.

MACÊDO, N. M. M. N.; CÂNDIDO, G. A. Índice de Desenvolvimento Sustentável Local e suas influências nas políticas públicas: um estudo exploratório no município de Alagoa Grande-PB. **Gest. Prod.**, 2011.

MARTINS, M. DE F.; CÂNDIDO, G. A. **Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios - IDSM**. 1. ed. João Pessoa: SEBRAE, 2008.

MARTINS, M. DE F.; CANDIDO, G. A. Índices de desenvolvimento sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 1, 13 ago. 2012.

MENCIO, M. A constitucionalidade dos critérios de criação das Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas e Microrregiões previstos na Lei Federal brasileira. **Revista Digital de Derecho Administrativo**, n. 13, p. 161, 17 jun. 2015.

MOREIRA, F. R. DA S.; NASCIMENTO, D. C. DO. Funções Públicas de Interesse Comum e Governança na Região Metropolitana do Cariri. **Redes**, v. 25, n. 3, p. 1096–1122, 28 set. 2020.

NASCIMENTO, D. C. DO; CHACON, S. S. Sustentabilidade na Região Metropolitana do Cariri – RMC: análise a partir dos objetivos de desenvolvimento do milênio – ODMs. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 3, p. 443–456, dez. 2016.

OLIVEIRA, J. F. DE. **Proposição de um índice de sustentabilidade ambiental para cidade de Fortaleza/CE a partir de indicadores socioeconômicos e ambientais**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017.

OTÁVIO, L. et al. Avaliação da sustentabilidade dos municípios do estado de Mato Grosso mediante o emprego do IDSM-Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 13, n. 3, p. 323–345, 2016.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Use of indicators in urban solid waste management: A methodological proposal of construction and analysis for cities and regions: Application of the model. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 485–498, maio 2018.

RODRIGUES, A. V.; TELES, G. A.; SALES, T. B. **A institucionalização da região metropolitana de Sobral (CE): disparidades socioeconômicas e integração em questão.** São Paulo: [s.n.]. Disponível em: http://www.enanpege.ggf.br/2019/resources/anais/8/1562545411_ARQUIVO_AINSTITUCIONALIZACAODAREGIAOMETROPOLITANADESOBRAL-ANTONIOVEIGA-ENANPEGE2019.pdf. Acesso em: 5 out. 2022.

RODRIGUES MARÓSTICA, J. et al. Sustentabilidade urbana e indicadores de área verde no município de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, n. 1, p. 450-463, 2020.

SÁNCHEZ, L. M.; ZULAICA, L. Ciudades vivas: aportes mediante indicadores de sustentabilidad patrimonial residencial en aglomeraciones intermedias bonaerenses argentinas. Casos Mar del Plata y Tandil. **Dearq**, n. 23, p. 178–187, jan. 2018.

SANTOS, L. DOS; CORDEIRO, R. M. Manejo de resíduos sólidos na comunidade rural Boca da Mata - Jardim-CE. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e442101623342, 15 dez. 2021.

SATHLER, D.; PAIVA, J. C.; BAPTISTA, S. Cidades e Mudanças Climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e regiões integradas de desenvolvimento. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 262, 20 fev. 2019.

SETO, K. C. et al. (2020). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 117 (13), p. 757-765. 2020.

SHEN, L. Y. et al. The application of urban sustainability indicators - A comparison between various practices. **Habitat International**, v. 35, n. 1, p. 17–29, 2011.

SILVA, S. E. S.; SOUSA, E. P. DE. Efeitos do programa de microcrédito rural Agroamigo sobre a sustentabilidade dos agricultores familiares no município de Jardim, Ceará. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, p. 57, 4 dez. 2019.

SOTTO, D. et al. Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 97, p. 61–80, 2019.

TORRES, R. P. et al. Challenges in planning urban sustainability policies in the city of São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 2, p. 140-154, 2022.

VELAZQUEZ-MAR, A. C.; SALAZAR-SOLANO, V. Indicadores de calidad ambiental urbana: una revisión. **Gestión y Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 303–312, 27 jul. 2020.

WAQUIL, P. et al. Avaliação de Desenvolvimento Territorial em Quatro Territórios Rurais no Brasil. **Redes**, v. 15, n. 1, p. 104–127, 2010.

Data de submissão: 16/06/2023

Data de aprovação: 31/07/2024

Revisão: Daniela Matthes (português), Ana Clara Medina Menezes de Souza (inglês) e Yanet María Reimondo Barrios (espanhol).

Maria Lucineide Gomes da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Caixa Postal 5122 – Campus I – Castelo Branco

58051-970 João Pessoa/PB, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0579-8456>

E-mail: lucineidegmd@gmail.com

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Universidade Federal da Paraíba

Campus I – Castelo Branco

58051-900 João Pessoa/PB, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1116-9090>

E-mail: eduvianalima@gmail.com