

Tipologias territoriais para cidades sustentáveis:

Aspectos metodológicos

Volume 1

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista **Parcerias Estratégicas**, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgee.org.br>.

Boa leitura!

Tipologias territoriais para cidades sustentáveis: Aspectos metodológicos

Volume 1

Resumo executivo



Brasília – DF
2020

Presidente

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Regina Maria Silverio

Edição/Danúzia Queiroz/ Contexto Gráfico

Diagramação e Infográficos/Contexto Gráfico

Projeto gráfico/Núcleo de design gráfico do CGEE

Catálogo na fonte

C389t

Tipologias Territoriais para Cidades Sustentáveis: aspectos metodológicos. Volume 1. Resumo Executivo. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2020.

50 p. il.

ISBN 978-65-5775-012-4 (digital)

1. CITInova. 2. Tipologia. 3. Sustentabilidade. 4. Metodologia. I. CGEE. II. MCTI. III. PNUMA. IV. Título.

CDU 502.1:911.375 (001.8)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), SCS Qd. 9, Torre C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, CEP: 70308-200 - Brasília, DF, Telefone: (61) 3424 9600, <http://www.cgee.org.br>, @CGEE_oficial

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Tipologias territoriais para cidades sustentáveis**: aspectos metodológicos. Volume 1. Resumo Executivo. Brasília, DF: CGEE, 2020. 50 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo CGEE no âmbito do 2º Contrato de Gestão firmado com o MCTI

Tipologias territoriais para cidades sustentáveis: aspectos metodológicos.

Volume 1

Resumo executivo

Supervisão

Regina Maria Silverio

Coordenação no CGEE

Marco Aurélio Lobo Júnior

Equipe técnica do CGEE

Raiza Gomes Fraga
Monique Pinheiro Santos
Kátia Regina de Araújo Alencar
Patrícia Reis Ferreira de Andrade
Gabriel Siqueira de Sousa Breves (Estagiário)
Yuri Cesar Silva
Wagner Alberto Soares Junior
Evandro Augusto Soares
Victor Neves Martorelli (Estagiário)

MCTI

Marcela Aboim Raposo (Diretora Nacional)
Suiá Kafure da Rocha (Coordenadora Nacional)
Angelica Griesinger (Gerente de projeto)
Camile Vieira Martins (Assistente de projeto)

Equipe técnica do MCTI

Alexandra Reschke (Coordenadora Técnica)
Patrícia Negrão (Assessora de Comunicação)
Selma Virginia Gonzaga (Consultora)
Ricardo Paris (Consultor)

PNUMA

Denise Hamú (Representante Brasil)
Asher Lessels (Gestor de Portfólio)

Consultor

Claudio Antonio Gonçalves Egler

Os textos apresentados nesta publicação são de responsabilidade dos autores.



Sumário

1. As tipologias do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS)	7
2. Cidade-região – um recorte geográfico com foco nas concentrações urbanas do País	9
3. Sistema de Indicadores do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis	13
3.1. Sistemas de indicadores – visão geral conceitual	13
3.2. Indicadores de Sustentabilidade	15
3.3. Índice de Sustentabilidade	16
4. Etapas de trabalho para seleção de indicadores e construção das tipologias	17
4.1. <i>Template</i> de indicadores	17
4.2. Levantamento inicial de indicadores temáticos	17
4.3. Validação de indicadores em <i>workshops</i>	17
4.4. Verificação da factibilidade dos indicadores propostos	18
4.5. Consolidação da base de dados dos indicadores	18
4.6. Levantamento de dados geobiofísicos	22
4.7. Grade estatística – uma abordagem para aumentar o potencial analítico dos dados	22
4.8. Sistema de Informação Geográfica – <i>Sig Web</i> Observatório	23
5. Detalhamento metodológico para construção das tipologias	25
5.1. Tratamento dos indicadores: padronização, <i>outliers</i> , análises de variabilidade e correlação	25
5.2. Agregação dos indicadores: índice sintético e análise de agrupamento	28
Referências	39
Anexo	43
Lista de figuras	49
Lista de tabelas	49



Tipologias territoriais para cidades sustentáveis: aspectos metodológicos.

Volume 1

1. As tipologias do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS)

Tipologia pode ser entendida como a ciência que estuda os tipos, para definir as distintas categorias que representam um fenômeno, agrupando casos similares com base na classificação baseada em dados e indicadores. A tipologia é dinâmica, pois está em constante evolução, uma vez que o progresso do conhecimento acrescenta novos dados, classificações e informações. O objetivo de construção de uma tipologia é distinguir elementos e agrupá-los de acordo com suas características, buscando melhor compreensão de determinado fenômeno.

No caso do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS), o fenômeno que se busca melhor compreender é como estão as cidades brasileiras com relação à sustentabilidade nos temas Água, Resíduos Sólidos, Energia, Mobilidade, Ambiente Construído e Soluções baseadas na Natureza. O objetivo essencial deste estudo é disponibilizar uma ferramenta que possibilite aos usuários da plataforma do OICS a encontrarem soluções que possam auxiliar as cidades, com suas diferentes características territoriais, sociais, ambientais e econômicas, na transição em direção à sustentabilidade. De forma complementar, foram explorados também os temas transversais de Inovação e Visão e Planejamento, que perpassam as questões relacionadas à transição sociotécnica das cidades rumo à sustentabilidade.

Para alcançar tal objetivo, as tipologias desenvolvidas pelo Observatório apresentam uma caracterização do território brasileiro por meio de um sistema de indicadores temáticos classificados em grupos, índices sintéticos e dados geobiofísicos que, relacionados aos temas e desafios do Observatório, visam traçar um panorama geral das cidades com respeito à sustentabilidade, para que os usuários possam encontrar na plataforma as soluções mais adequadas para seu tipo de cidade-região.

As tipologias propostas consideram a diversidade do meio urbano para indicar caminhos mais adequados para a replicação das experiências bem-sucedidas dos estudos de caso, levantados pelo Observatório, e disponibilizar soluções às distintas realidades do nosso vasto território. Essa relação só foi possível com o uso da inteligência territorial promovida pelo uso e pela aplicação do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para integrar e dinamizar o acesso aos resultados das tipologias associados aos estudos de caso e às soluções mapeadas. Dessa forma, o Observatório visa colaborar com os gestores das diferentes esferas e com a sociedade civil na implementação de soluções efetivas e na elaboração de políticas públicas mais assertivas que considerem a diversidade do País.

2. Cidade-região – um recorte geográfico com foco nas concentrações urbanas do País

O desafio de construir uma tipologia que caracterize o território nacional com relação à sustentabilidade das cidades esbarra inicialmente nas dimensões continentais do nosso País, com cerca de 8 milhões de km² e mais de 5 mil municípios. Para endereçar essa questão, o Observatório propõe como recorte geográfico para construção das tipologias as cidades-regiões, concentrações urbanas compostas por municípios onde se encontram as metrópoles e capitais regionais que reúnem aproximadamente 60% da população. O conceito de cidade-região, muito utilizado na literatura nacional e internacional para tratar questões de ordem sistêmica, considera as relações entre cidades próximas, com núcleos urbanos centrais que têm em comum questões econômicas, sociais, de infraestrutura e ambientais.

A escolha desse recorte se justifica na visão sistêmica do território, considerando que o metabolismo urbano ultrapassa os limites político-administrativos preestabelecidos e que os desafios em sustentabilidade são comuns a um grupo de municípios. Em outras palavras, a cidade-região é, portanto, na sua definição conceitual, um conjunto de municípios que se caracterizam pela conurbação de metrópoles, cujos processos de urbanização se dão com base em fluxos de pessoas, de serviços e de suas lógicas de produção.

Como mencionado, a construção de uma tipologia para as cidades-regiões parte da necessidade de orientar a busca de soluções para a promoção da sustentabilidade em seus diversos aspectos. Estudos sobre a tipologia de cidades no Brasil podem ser encontrados nos trabalhos de Bitoun (2005; 2009) e Bitoun e Miranda (2009), nos quais a classificação das cidades é feita com recorte populacional, agregando-se diversas informações socioeconômicas para refinar a tipologia adotada.

Para a análise da tipologia das cidades-regiões, utilizou-se como ponto de partida a divisão do País em regiões geoeconômicas, conforme Geiger (1964), com ajustes para coincidir com os limites das unidades federativas. Essa divisão regional também é adotada pela equipe do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para o detalhamento dos cenários climáticos para o Brasil (CHOU *et al.*, 2004). Essa divisão territorial também foi utilizada para a seleção das cidades-regiões objeto deste estudo e deve ser considerada como alicerce para a concepção de tipologias que apreendam a diversidade e a desigualdade entre as regiões brasileiras. A Figura 1 apresenta as regiões geoeconômicas do Brasil.

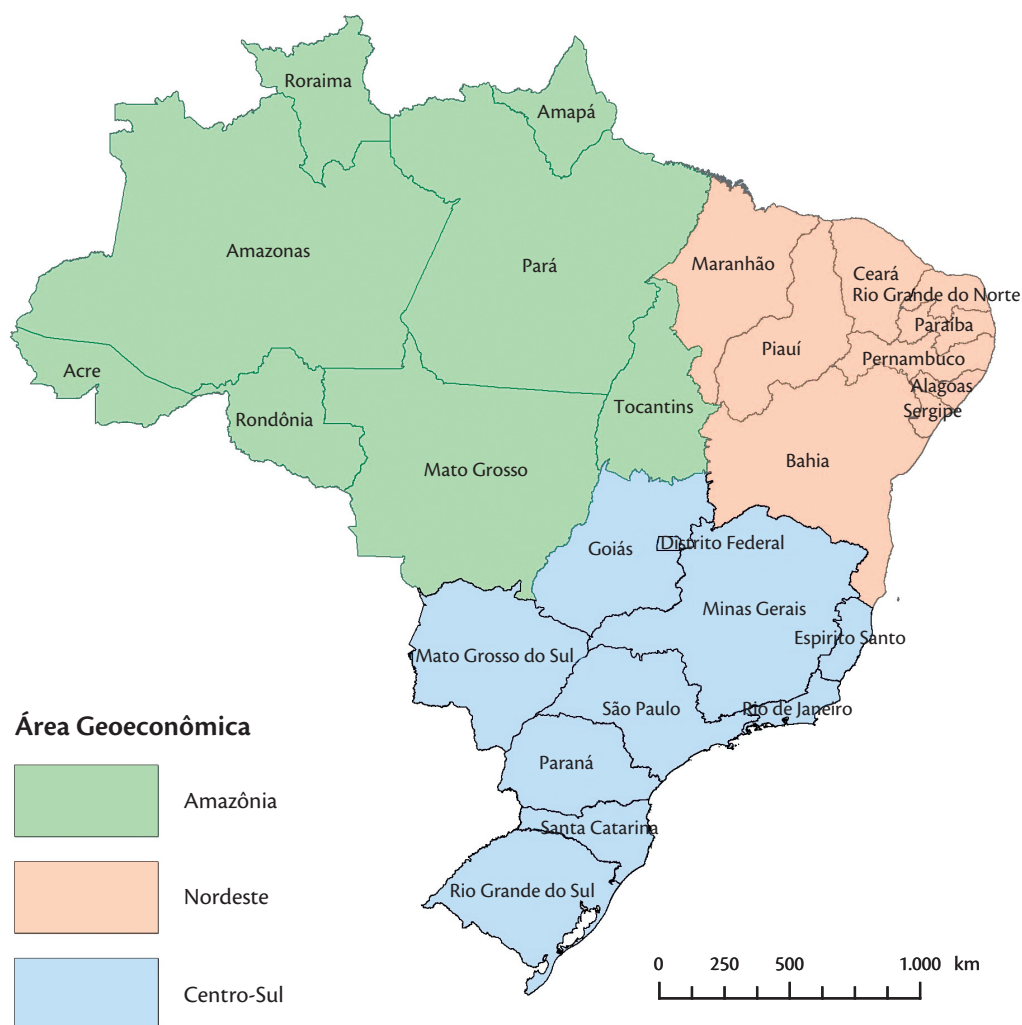


Figura 1 - Regiões geoeconômicas do Brasil

Fonte: OICS com base na malha digital do IBGE.

A definição das cidades-regiões utilizada no Observatório foi pautada nos estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), órgão responsável pela maior parte das estatísticas oficiais e pelo mapeamento do País – com base nos estudos das categorias definidas nas Regiões de Influência de Cidades (IBGE, 2008), como metrópoles e capitais regionais (dos tipos A, B e C) (IBGE, 2017), que, combinados com os Arranjos Populacionais e as Concentrações Urbanas (IBGE, 2017), definiram conjunto de 106 metrópoles e/ou concentrações urbanas, aqui denominadas de cidades-regiões.

Somaram-se a estes estudos as definições mais recentes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), também OECD, sigla do inglês, que procurou padronizar um recorte demográfico e territorial factível para efetuar comparações entre áreas urbanas de diferentes contextos nacionais. Foi proposta uma classificação das áreas urbanas em quatro tipos, de acordo com o tamanho da população:

- pequenas áreas urbanas, com população abaixo de 200 mil pessoas¹;
- áreas urbanas de tamanho médio, com população entre 200 mil e 500 mil pessoas;
- áreas metropolitanas, com população entre 500 mil e 1,5 milhão de pessoas;
- grandes áreas metropolitanas, com população de 1,5 milhão ou mais (OECD, 2012, p. 34).

Com base nessa classificação, pode-se observar (Figura 2) que 62 cidades-regiões brasileiras formam áreas urbanas de tamanho médio ou intermediário, representando cerca de 15% da população das cidades-regiões selecionadas; 28 são áreas metropolitanas com 19% da população; e 16 são grandes áreas metropolitanas, concentrando 66% da população das cidades-regiões objeto do estudo do Observatório.

A listagem das cidades-regiões por categoria segundo a OECD pode ser encontrada no primeiro quadro do Anexo deste documento *Cidades-regiões por tamanho populacional*. As cidades-regiões selecionadas compreendem 509 municípios, isto é, 9% do número de municípios brasileiros onde residem 114 mil habitantes, correspondendo a 55,4% da população estimada e a 69,6% do produto interno bruto (PIB) municipal em 2016, identificadas a partir do corte de 200 mil habitantes para o Centro-Sul e de 150 mil habitantes para a Amazônia e o Nordeste.



Figura 2 - Cidades-regiões por categoria de tamanho populacional e região geoeconômica (2018)

Fonte: OICS e IBGE.

¹ No caso deste estudo, o corte foi definido para 150 mil habitantes para as cidades da Amazônia e para o Nordeste, conforme definido em relatório anterior.

Outro aspecto importante na construção da tipologia é a divisão do Brasil em biomas e ecótonos de transição. A observação dos biomas complementa a visão das regiões geoeconômicas e permite maior aproximação com as condições ambientais, seja quanto à vulnerabilidade, seja quanto à resiliência das cidades-regiões às mudanças climáticas. Na Figura 3, pode ser observada a distribuição das cidades-regiões pelos biomas e ecótonos, incluindo a zona costeira, considerando tanto o bioma ou ecótono principal quanto o secundário. Pela figura, é possível constatar que 49 cidades-regiões estão localizadas nos biomas Mata Atlântica; 23 no Cerrado; 16 na Caatinga; 13 na Amazônia; 3 no Pampa; e 2 no ecótono da Zona dos Cocais (Transição Caatinga-Amazônia).

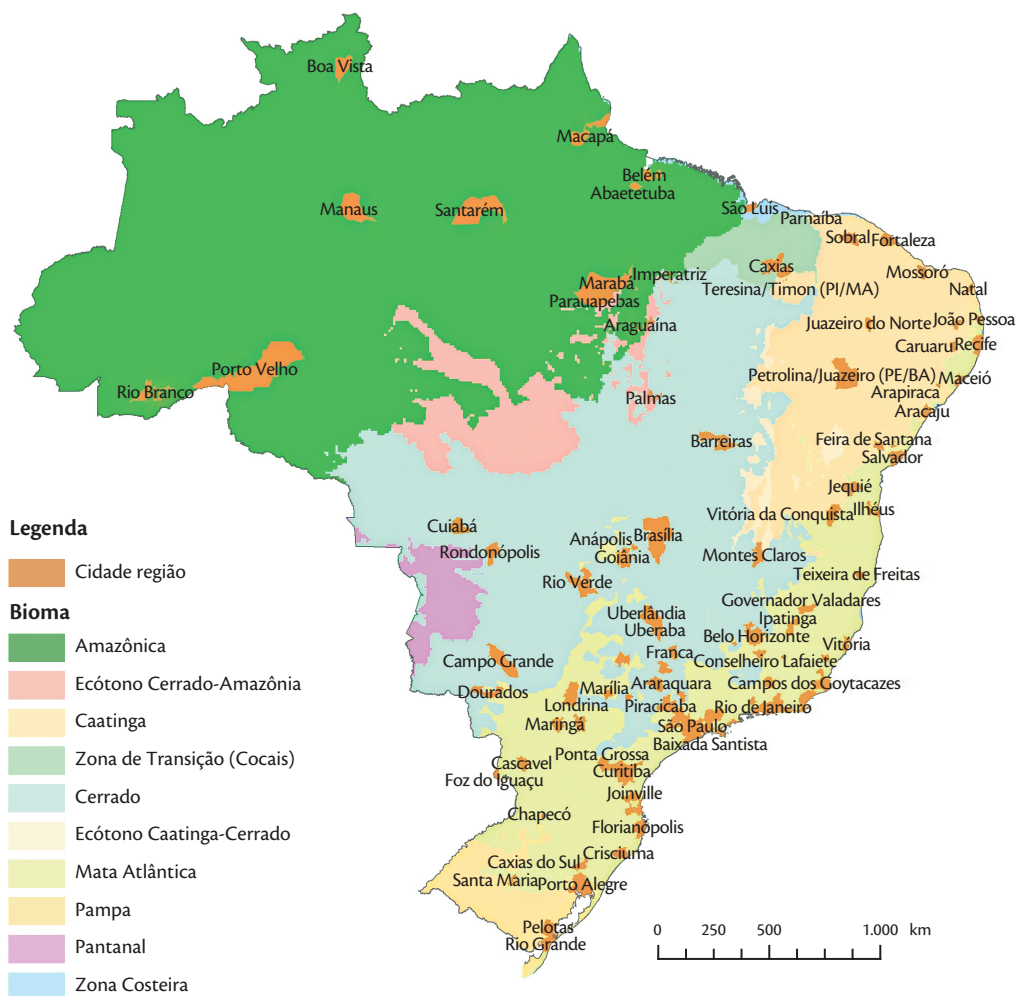


Figura 3 - Biomas, ecótonos e cidades-regiões selecionadas

Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) (2003) e OICS.

Dever ser destacada a importância da localização das concentrações urbanas estudadas na Zona Costeira (ver Anexo). Há 22 cidades-regiões situadas ao longo da linha da costa brasileira, destacando-se pela extensão de seu litoral: o Rio de Janeiro (405 km), seguido por Caraguatatuba, Ubatuba e São Sebastião (323 km) e Florianópolis (293 km). Essas aglomerações urbanas são bastante vulneráveis à elevação do nível médio do mar, o que implica medidas visando à adaptação da região à erosão costeira, às ressacas marítimas – cada vez mais frequentes – e às inundações.

3. Sistema de Indicadores do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

A construção do Sistema de Indicadores do OICS foi desenvolvida com base no levantamento de indicadores relacionados aos desafios das cidades rumo à sustentabilidade nos temas Água, Resíduos Sólidos, Energia, Mobilidade e Ambiente Construído e Soluções baseadas na Natureza. De forma transversal, também foram levantados indicadores voltados às temáticas de Visão e Planejamento e Inovação, temas estratégicos, que perpassam os demais e ampliam a visão de futuro com relação a potenciais e limitações encontrados na nossa sociedade para alcançar a transição sociotécnica necessária para transformar os centros urbanos em ambientes mais sustentáveis.

A construção desse sistema consistiu-se em diferentes etapas: desde o amplo levantamento orientado por *template* de metadados, passando por avaliações de especialistas em oficinas temáticas, validação dos dados perante as fontes produtoras, análises de representatividade, de agrupamento e similaridade e alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015) e as metas relacionadas, que serão detalhados nos itens a seguir.

3.1. Sistemas de indicadores – visão geral conceitual

O termo *indicador* é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Os indicadores podem comunicar ou informar acerca do progresso em direção a determinada meta, como, por exemplo, o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou um fenômeno que não sejam imediatamente detectáveis. Hammond *et al.* (1995) apresentam uma pirâmide de informação (Figura 4) que relaciona dados primários com indicadores, e as etapas de trabalho desenvolvidas na construção do Sistema de Indicadores do Observatório.

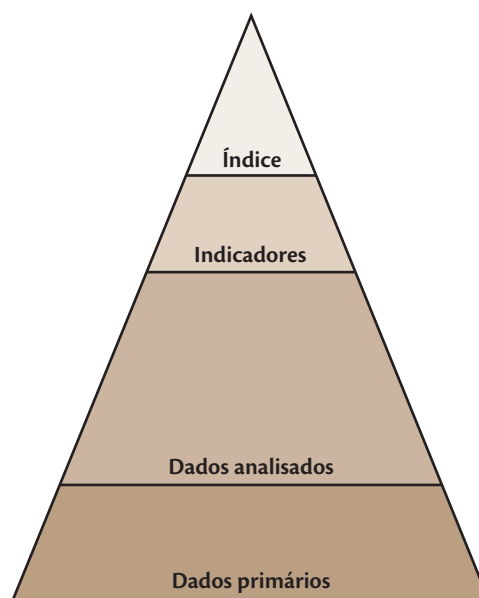


Figura 4 - Etapas de trabalho para elaboração de um sistema de indicadores

Fonte: Hammond *et al.* (1995).

Os indicadores, quando colocados de forma numérica, são valores medidos ou derivados de mensurações quantitativas e/ou qualitativas, passíveis de serem padronizados e, assim, comparados com as mesmas informações de outras áreas, regiões ou outros Países. Dessa forma, possibilitam seleção das informações significativas, simplificação de fenômenos complexos, quantificação e comunicação da informação entre coletores e usuários (JANNUZZI, 2001). Segundo o mesmo autor, as propriedades desejáveis dos indicadores, as quais se buscou atender no desenvolvimento do Sistema de Indicadores do Observatório, são:

- Relevância da temática: atributo que justifica a sua produção e legitima o seu emprego no processo de análise, formulação e implementação de políticas públicas.
- Validade: grau de proximidade entre o conceito e a medida, isto é, a capacidade de refletir o conceito abstrato a que o indicador se propõe a substituir ou operacionalizar.
- Confiabilidade: qualidade do levantamento dos dados usado no seu cálculo.
- Cobertura (espacial e populacional): adequar-se aos propósitos que se presta – sensível, reprodutível, específico, comunicável, atualizável.
- Sensibilidade: capacidade para refletir se as mudanças e as condições que afetam a dimensão referida se alterarem.
- Inteligibilidade: diz respeito à transparência da metodologia de construção dos indicadores.
- Historicidade: propriedade de se dispor de séries históricas extensas e comparáveis.
- Periodicidade na atualização e factibilidade de obtenção: informações necessárias à construção de um indicador proveniente de levantamentos com periodicidade regular e conhecida para permitir sua comparabilidade no tempo.

- Comunicabilidade: capacidade de ser compreensível para os demais atores envolvidos no seu emprego.
- Desagregabilidade: possibilidade de construção dos mesmos indicadores para espaços territoriais e grupos sociais específicos.

Um sistema de indicadores é um modelo da realidade, mas não pode ser considerado a própria realidade; entretanto deve ser analiticamente legítimo e construído dentro de uma metodologia coerente de mensuração para tornar a comunicação acerca do fenômeno da sustentabilidade urbana mais compreensível e quantificável. Portanto, o objetivo principal dos indicadores levantados é o de agregar e quantificar informações nos temas pesquisados no Observatório para construir uma tipologia de cidades-regiões brasileiras relacionadas à sustentabilidade urbana.

3.2. Indicadores de Sustentabilidade

No contexto dos atuais desequilíbrios ambientais em que vive a sociedade, a necessidade de mensurar a sustentabilidade torna-se condição imprescindível para implementação mais assertiva de soluções sustentáveis de desenvolvimento. A identificação da informação relevante, capaz de esclarecer a existência de processos não sustentáveis de desenvolvimento na relação entre sociedade e meio ambiente, é algo possível somente se esta dispuser de instrumentos técnico-científicos e políticos construídos com essa finalidade.

Visando desenvolver um instrumento que possibilite maior operacionalização do debate sobre o assunto, o OICS empregou algumas técnicas para medir a sustentabilidade das cidades-regiões do País, de forma indireta e aproximada, por meio da utilização de indicadores. Composto por oito temas relacionados ao desenvolvimento sustentável das cidades, o Observatório considera alguns objetivos essenciais para o desenvolvimento de um Sistema de Indicadores de Sustentabilidade:

- Caracterizar uma realidade, permitindo a regulação de sistemas integrados.
- Definir ou monitorar a sustentabilidade de uma realidade.
- Tornar perceptíveis as tendências e as vulnerabilidades.
- Sistematizar as informações, simplificando a interpretação de fenômenos complexos.
- Medir o progresso em direção à sustentabilidade.
- Facilitar o processo de tomada de decisão.

Esses objetivos podem contribuir para o aumento do nível de percepção social sobre a realidade local e oferecer informações que orientem a tomada de decisão e permita a avaliação constante do processo de desenvolvimento, sendo os sistemas de indicadores ferramentas essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável.

3.3. Índice de Sustentabilidade

Outro aspecto amplamente discutido no que se refere aos indicadores que visam avaliar experiências de desenvolvimento sustentável é a questão da agregação dos dados na sua formulação. Muito embora indicadores desagregados sejam essenciais para que se possam tomar iniciativas específicas de ação, indicadores agregados são necessários para aumentar o grau de conhecimento e a consciência a respeito dos problemas ambientais.

Os complexos desafios associados à sustentabilidade urbana requerem sistemas interligados e agregação de diferentes indicadores para composição de índices que possibilitem melhor compreender os fenômenos relacionados à sustentabilidade, com base em aspectos específicos locais ou regionais. A crescente utilização de indicadores e de índices mostra que estes são importantes ferramentas para tomada de decisão e identificação das questões prioritárias, sendo úteis, portanto, na identificação dos dados mais relevantes, no estabelecimento de sistemas conceituais e para a compilação e análise de dados.

Considerando que não existem medidas que possam descrever corretamente todos os aspectos, a estrutura e a dinâmica do meio ambiente, os índices são ferramentas úteis na formulação de políticas públicas. Eles servem ainda como parâmetro de orientação e fortalecimento da ação de fiscalização dessas, bem como para elaboração de alternativas.

4. Etapas de trabalho para seleção de indicadores e construção das tipologias

4.1. *Template* de indicadores

O trabalho de seleção de indicadores do OICS para o desenvolvimento das tipologias iniciou com a elaboração de *template* de metadados levantados junto aos indicadores pesquisados para possibilitar a análise e validação dos mesmos. O *template* foi desenvolvido pela equipe do Observatório e validado pelo consultor contratado na primeira oficina temática de Indicadores e Tipologias, na Escola Nacional de Administração Pública (Enap), em novembro de 2018, no curso de Formação de Gestores Locais nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Os metadados definidos para orientar a coleta de indicadores por meio do *template* foram: Tema; Detalhamento do Tema; Metas ODS; Desafios; Indicadores Propostos; Descrição do Indicador; Fonte de Dados (Instituição/Pesquisa); Nível de Desagregação (Urbana – UF, RM, Município e Intraurbana – Bairro, Grid 1 km); Periodicidade; Ano de Início da Medição; Ano da Última Medição; Fonte de Informação; *Link*-Fonte.

4.2. Levantamento inicial de indicadores temáticos

Nesta etapa, foram visitadas diversas fontes de dados e indicadores relacionados aos temas pesquisados pelo Observatório e preenchido o *template* de metadados com as informações encontradas nas fontes. O trabalho foi realizado por tema, para otimizar o processo, e ocorreu de forma cíclica, ou seja, após percorrer cada tema; quando necessário, retornou-se ao tema inicial para complementá-lo com novas informações. Cabe ressaltar que esse processo é contínuo durante todo o ciclo de construção das tipologias, pois sempre há possibilidade de agregação de novos dados e indicadores que visem aprimorar a caracterização do território nos temas propostos. O resultado dessa etapa foi um *template* preenchido com informações de cerca de 100 indicadores temáticos.

4.3. Validação de indicadores em *workshops*

Com o resultado dessa primeira rodada de indicadores e seus respectivos metadados, foram realizados dois *workshops* com parceiros, pesquisadores e consultores do Observatório, especialistas nos temas levantados, para crítica e consolidação da lista inicial de indicadores. Os *workshops* foram realizados em fevereiro e abril de 2019 e contaram com a presença de cerca de 40 participantes de instituições, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT-SP), Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos do Rio de Janeiro (IPP-RJ), Programa Cidades Sustentáveis de São Paulo (PCS-SP), o então Ministério da Ciência, Tecnologia,

Inovações e Comunicações (MCTIC)², Ministério do Desenvolvimento Regional MDR (antigo Ministério das Cidades), Ministério da Economia (ME), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Fundação Getúlio Vargas (FGV), International Council for Local Environmental Initiative (ICLEI), Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ) e Observatório das Metrôpoles. Todo o material produzido nas oficinas foi compilado e analisado e serviu de insumo para as etapas seguintes, de consolidação de um grupo inicial de indicadores para o desenvolvimento das tipologias.

4.4. Verificação da factibilidade dos indicadores propostos

Nesta etapa, foram visitadas as bases de dados disponíveis nas fontes dos indicadores propostos e daqueles sugeridos nas oficinas de validação, para verificar a factibilidade de obtenção dos dados para escala de trabalho proposta. Além da disponibilidade do dado, verificaram-se outros critérios relativos à qualificação dos indicadores, como a confiabilidade e a perenidade das fontes, bem como a cobertura espacial e temporal dos indicadores.

4.5. Consolidação da base de dados dos indicadores

Com base no levantamento dos indicadores factíveis de serem trabalhados em cada tema, consolidou-se uma base de dados inicial, com cerca de 80 indicadores temáticos, distribuídos entre os oito temas pesquisados no Observatório. Cabe ressaltar que essa distribuição não foi igualitária entre os temas, pois alguns assuntos possuem grande representatividade de informações, em fontes já reconhecidas, como, por exemplo, os dados de Saneamento (água e esgoto), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS/MDR), ou de Desigualdade Social, do Censo/IBGE. Em contrapartida, para temas como Mobilidade, Energia e Soluções baseadas na Natureza, foi grande o desafio de conseguir indicadores factíveis para escala de município com representatividade em todo o País. Para contornar essa questão, em alguns casos, trabalhou-se com *proxy* de informações, ou seja, indicadores que se aproximam dos temas propostos trazendo informações complementares.

Baseados nessa lista original, foram consolidados 53 indicadores, dos quais 29 já constavam do rol inicial, 7 eram similares aos da proposta original e 17 novos foram inseridos com base no levantamento detalhado dos dados disponíveis em diversas fontes de informação. Os novos indicadores são resultantes da utilização e do acesso aos dados das condições do entorno dos domicílios, levantados pelo Censo Demográfico de 2010, e dos levantamentos realizados com base na grade estatística, principalmente quanto ao uso da terra. Nas Tabelas a seguir, são apresentados os indicadores selecionados para cada tema.

² Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi criado em 15 de março de 1985, por meio do Decreto 91.146. Em 14 de dezembro de 2011, a Lei n.º 12.545, alterou o nome da pasta para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em maio de 2016, por meio da Lei n.º 13.341, o nome do MCTI foi alterado para Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A Medida Provisória n.º 980, de 10 de junho de 2020, criou o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e, novamente, o Ministério das Comunicações. Portanto, a partir dessa data, o então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) voltou a adotar a sigla MCTI.

Ambiente Construído

Tabela 1 - Indicadores de Ambiente Construído

Código	Indicador	Descrição
AMBC01	Moradores em Áreas Arborizadas	Porcentagem de moradores em áreas com arborização
AMBC02	Densidade Urbana	Densidade da população urbana (hab./Km ²)
AMBC03	Moradores em Aglomerados Subnormais	Porcentagem de população que reside em aglomerados subnormais
AMBC04	Ociosidade Habitacional	Ociosidade habitacional (vagos/total)
AMBC05	População Residente em Áreas de Risco	População residente em área de risco

Fonte: OICS (2020).

Energia

Tabela 2 - Indicadores de Energia

Código	Indicador	Descrição
ENER01	Consumo de Energia Elétrica	Consumo de energia elétrica <i>per capita</i> (kWh/hab.)
ENER02	Autogeração	Energia gerada por unidades consumidoras com geração distribuída (KW/domicílio)
ENER03	Emissão CO ₂	Emissão de CO ₂ (por 100 mil habitantes)
ENER04	Álcool Etílico	Porcentagem do consumo de álcool etílico em relação ao total de combustíveis
ENER05	Veículos Elétricos	Participação dos veículos elétricos no total da frota (por 10 mil veículos)

Fonte: OICS (2020).

Inovação

Tabela 3 - Indicadores de Inovação

Código	Indicador	Descrição
INOV01	Financiamento Finep	Valor <i>per capita</i> dos financiamentos liberados pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep)
INOV02	Banda Larga	Acessos em banda larga para cada 100 habitantes
INOV03	Grupos de Pesquisas	Grupos de pesquisas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por 100 mil habitantes
INOV04	Indústria Média e Alta Tecnologia	Empregos na indústria de média e de alta tecnologia
INOV05	Serviços Intensivos em Conhecimento	Empregos em serviços intensivos em conhecimento
INOV06	Vínculos de Nível Superior	Vínculos empregatícios de nível superior

Fonte: OICS (2020).

Mobilidade Urbana

Tabela 4 - Indicadores de Mobilidade Urbana

Código	Indicador	Descrição
MOBI01	Tempo de Deslocamento	Tempo médio de deslocamento casa-trabalho
MOBI02	Vítimas de Acidentes de Trânsito	Vítimas de acidentes de trânsito por 100 mil habitantes
MOBI03	Motorização	Veículos motorizados por mil habitantes
MOBI04	Ruas com Pavimentação	Porcentagem dos moradores residentes em ruas pavimentadas
MOBI05	Ruas com Calçadas	Porcentagem dos moradores residentes em ruas com calçamento
MOBI06	Ruas com Meio-Fio	Porcentagem dos moradores residentes em ruas com meio-fio
MOBI07	Rampas para Cadeirantes	Porcentagem dos moradores residentes em áreas com rampas para cadeirantes

Fonte: OICS (2020).

Saneamento Ambiental (Água)

Tabela 5 - Indicadores de Saneamento Ambiental (Água)

Código	Indicador	Descrição
SANA01	Cobertura Urbana de Esgotos	Atendimento urbano de esgoto
SANA02	Esgoto Tratado e Água Consumida	Esgoto tratado <i>versus</i> água consumida
SANA03	Densidade da Rede de Coleta	Densidade urbana da rede de esgoto
SANA04	Internação por Doenças de Veiculação Hídrica	Internações por doenças de veiculação hídrica
SANA05	Drenagem Pluvial	Cobertura de canais de águas pluviais
SANA06	Perdas na Rede de Água	Perdas de água na rede de abastecimento

Fonte: OICS (2020).

Saneamento Ambiental (Resíduos)

Tabela 6 - Indicadores de Saneamento Ambiental (Resíduos)

Código	Indicador	Descrição
SANR01	População com Plano de Gestão de Resíduos (PGIRS)	População dos municípios com PGIRS em relação à população total
SANR02	População Urbana com Coleta Domiciliar	População urbana atendida com coleta de lixo
SANR03	Reciclagem de Lixo	Resíduo reciclado em relação ao total
SANR04	Lixo Acumulado no Entorno	Moradores em domicílios particulares permanentes em áreas urbanas com lixo a céu aberto
SANR05	Quantidade de Lixo Coletado	Quantidade de lixo coletado por habitante atendido com coleta de lixo (kg/hab.)

Fonte: OICS (2020).

Soluções baseadas na Natureza

Tabela 7 - Indicadores de Soluções baseadas na Natureza

Código	Indicador	Descrição
SBNT01	Número de Desastres	Desastres naturais referentes ao clima ou à topografia que tenham causado algum dano humano de 2009 a 2019. Foram considerados: mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros danos
SBNT02	Cobertura Vegetal	Percentual de área de cobertura de vegetação florestal e campestre
SBNT03	Unidades de Conservação	Percentual de área de unidade de conservação em relação ao total do município
SBNT04	Evolução da Área Antropizada	Evolução do somatório da área artificial (urbana), agrícola e com pastagens com manejo segundo as mudanças no uso e cobertura da terra de 2010 a 2018
SBNT05	Doenças Cardiorrespiratórias	Taxa de internação por doenças cardiorrespiratórias por 100 mil habitantes
SBNT06	Variação da Precipitação	Taxa de variação entre a média histórica de precipitação de 1990 a 2005 e o cenário <i>Representative Concentration Pathway</i> (RCP) 8.5 estimado pelo Inpe para o período 2006-2040

Fonte: OICS (2020).

Visão e Planejamento

Tabela 8 - Indicadores de Visão e Planejamento – Desigualdade Social

Código	Indicador	Descrição
VISP01	Crimes Violentos	Crimes violentos por 100 mil habitantes
VISP02	Taxa de Distorção Idade Série	Taxa de distorção idade-série
VISP03	PIB <i>per capita</i> (R\$)	PIB <i>per capita</i> a preços correntes
VISP04	Índice de Palma	Índice de Desigualdade de Palma: relação entre a renda dos 10% mais ricos e os 40% mais pobres
VISP05	Médicos por Mil Habitantes	Número de médicos por mil habitantes
VISP06	Matrículas por Docente no Fundamental	Relação entre matrículas e docentes no ensino fundamental

Fonte: OICS (2020).

Tabela 9 - Indicadores de Visão e Planejamento – Governança

Código	Indicador	Descrição
VISP07	Atenção Escolar	Percentual da população na faixa de 5 a 19 anos que se encontra matriculada na escola
VISP08	Participação Eleitoral	Eleitores participantes do primeiro turno
VISP09	Autonomia Fiscal	Grau de autonomia fiscal dos municípios avaliada pela relação entre recursos próprios e transferências correntes
VISP10	Gastos com Saúde	Participação dos gastos com saúde no orçamento dos municípios que integram a cidade-região
VISP11	Gastos com Educação	Participação dos gastos com educação no orçamento dos municípios que integram a cidade-região
VISP12	Gastos com Urbanismo	Participação dos gastos com urbanismo no orçamento dos municípios que integram a cidade-região
VISP13	Gastos com Pessoal	Participação dos gastos com pessoal ativo e inativo no orçamento dos municípios que integram a cidade-região

Fonte: OICS (2020).

4.6. Levantamento de dados geobiofísicos

Como comentado no item anterior, a disponibilidade de dados e indicadores para os temas voltados à sustentabilidade, que representem todo o território nacional, é relativamente restrita. São poucas as fontes de dados oficiais que produzem informações sistematizadas e confiáveis no tema em questão, sobretudo para a escala municipal de todo o País. Visando complementar e diversificar a caracterização do território, o Observatório agrega dados e informações geográficas que ampliam a perspectiva de análise. Essas camadas de informações geográficas, também denominadas geobiofísicas, abarcam desde dados em formatos pontuais, como as medidas de qualidade da água, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), informações vetoriais, como trechos de rios susceptíveis a inundações, provenientes da mesma fonte até dados poligonais, como as áreas de risco de deslizamento, a susceptibilidade à erosão, e de uso e cobertura do solo, produzidos pelo IBGE.

4.7. Grade estatística – uma abordagem para aumentar o potencial analítico dos dados

Diante da diversidade de informações levantadas de diferentes formatos e origens, o Observatório propõe uma forma inovadora de armazenamento e disponibilização de informações: a grade estatística ou grade regular. Desenvolvida e utilizada pelo IBGE para divulgação de dados específicos do Censo Demográfico, a grade estatística tem o potencial de integrar dados de origens diversas e agregados em unidades geográficas distintas. O uso da grade regular permite agregar os dados em distintas unidades de área, que podem variar de 200 m a 100 km e que se mantêm estáveis ao longo do tempo, trazendo flexibilidade para o trabalho em diferentes escalas e independência com relação aos limites político-administrativos, bem como possibilitando adaptação a diferentes recortes espaciais.

4.8. Sistema de Informação Geográfica – Sig Web Observatório

De forma a integrar todas essas informações geradas na construção das tipologias, o Observatório desenvolveu um Sistema de Informação Geográfico, que usa a inteligência territorial para potencializar a exploração, o acesso e a disponibilização da tipologia indicadores e dados geobiofísicos de forma interativa e dinâmica. O SIG Web é uma ferramenta potente que disponibiliza aos gestores uma visão estratégica do País, permitindo consultas dinâmicas, integrando as informações das tipologias e soluções que, associadas às características do território, possibilitam ao usuário encontrar as soluções mais adequadas à sua realidade.

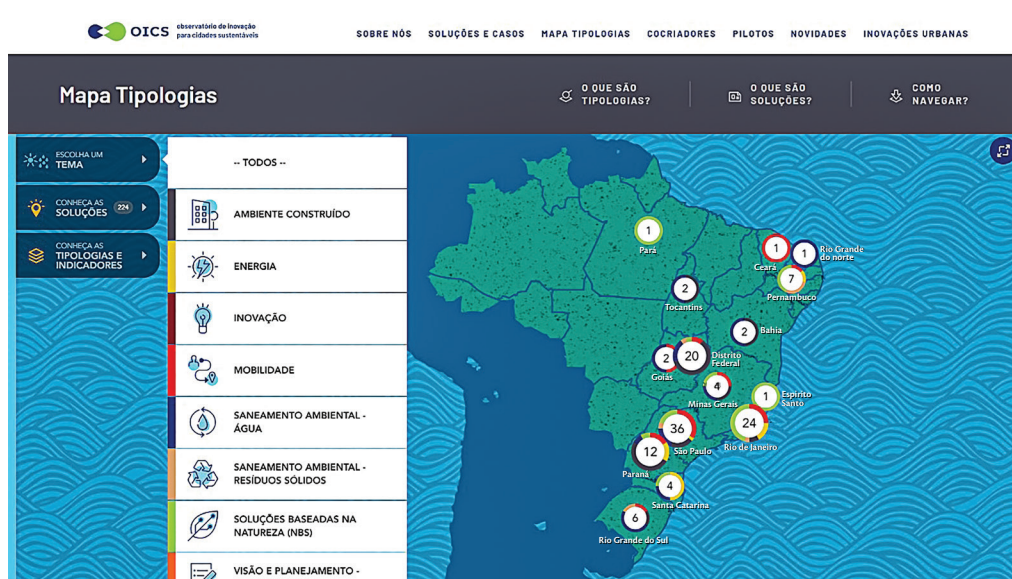


Figura 5 - Mapa Tipologias

Fonte: disponível em: <https://oics.cgee.org.br/mapa-tipologias>.

Tipologias territoriais para cidades sustentáveis:

Aspectos metodológicos

Volume 1

5. Detalhamento metodológico para construção das tipologias

5.1. Tratamento dos indicadores: padronização, outliers, análises de variabilidade e correlação

Esta etapa inicia-se com cerca de 80 indicadores disponíveis em um banco de dados, como descrito nos itens 1 a 5 da seção anterior, os quais foram tratados e explorados visando à seleção daqueles com melhor cobertura para cada tema. O primeiro passo, para permitir a comparabilidade entre os indicadores, foi a padronização deles dentro de uma mesma escala, variando entre 0 e 1. Para padronização dos indicadores foi utilizado o método conhecido como *feature scaling* e, no caso específico deste estudo, foi escolhido o processo de *min-max scaling*, definido pela seguinte função:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}, \text{ onde } x' \in [0,1].$$

Para que a transformação represente a variabilidade dentro da nova faixa de variação de maneira adequada, é necessário que exista tratamento dos eventuais *outliers* nos indicadores de maneira individual. O método escolhido para definição de *outliers* foi o clássico definido por Tukey (1977), usando 1,5 do desvio *interquantílico* (diferença entre o Q1 e o Q3) para cima ou para baixo. Definidos os *outliers* de cada variável, o seguinte processo utilizado foi o de clipping. Com este tratamento dos dados, as observações *outlier* receberam o caso 0 *outlier* estivesse abaixo do mínimo, ou 1 no caso de *outlier* acima do máximo.

Adicionalmente, como padrão foi considerado 1 o resultado mais positivo, e 0 o resultado mais negativo, exceto para os indicadores tidos como negativos, nos quais a leitura se inverte utilizando-se a transformação *min-max* invertida, isto é, considerou-se como resultado $1 - x'$. Um exemplo é o indicador Taxa de Crescimento da Área Antropizada: em uma leitura direta, ter-se-iam as cidades-regiões de maior taxa de crescimento com valores mais próximos de 1 (cenário mais negativo), e com 0 o de menor crescimento (cenário mais positivo), porém, para possibilitar a comparabilidade com os demais indicadores, esses valores são invertidos.

Com todos os indicadores transformados e padronizados variando na mesma escala, a próxima etapa é escolher um grupo de indicadores que seja representativo do tema e que melhor caracterize os cenários específicos de cada cidade-região. A metodologia em questão para essa etapa de seleção dos indicadores é a de *cluster* hierárquico ascendente, tendo como critério de agregação a queda de homogeneidade dos *clusters* sendo fundidos (para mais detalhes veja, CHAVENT *et al.*, 2010; 2012).

Os *clusters* são usados tanto para gerar intuição sobre o número de indicadores aproximadamente necessários para representar bem a informação em determinado tema, quanto para entender uma eventual proximidade e, até mesmo, repetição de informação. Partindo da clusterização e usando análise de componentes principais e matrizes de correlação, os indicadores foram selecionados considerando ainda a cobertura dos desafios abarcados pelo OICS, a importância direta para o tema e a complementariedade da informação disponível nas fontes. Houve necessidade de imputação de valores ausentes para alguns casos específicos de indicadores relevantes que apresentaram elevado número de *missing value* (um exemplo seria o de consumo de energia elétrica no tema Energia). Para esses casos, foram imputados indicadores que possuíam no máximo 15% de seus valores ausentes, usando tanto as regiões ou as Unidades da Federação como fatores quanto às demais variáveis dos temas específicos. A metodologia selecionada foi a de floresta aleatória (para mais detalhes veja STEKHOVEN; BUEHLMANN, 2012), com otimização dos hiperparâmetros.

Considerando o tema Soluções baseadas na Natureza como exemplo, podem-se observar no dendograma da Figura 6 os indicadores testados para o tema, e, em destaque, aqueles que foram selecionados.

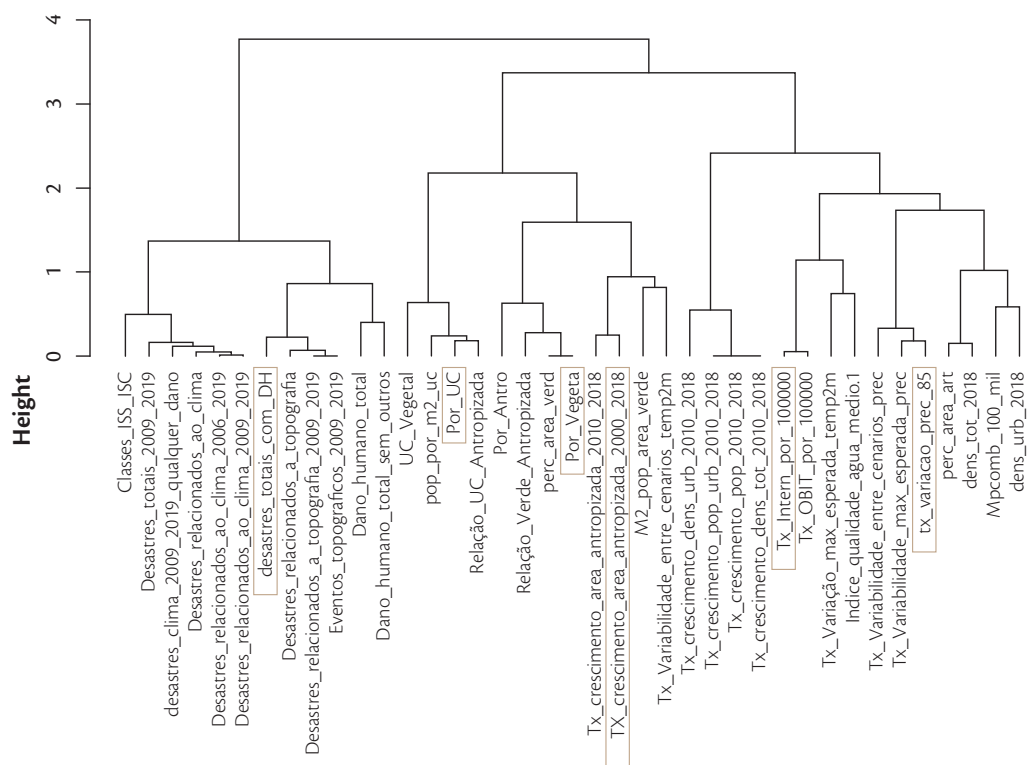


Figura 6 - Dendograma dos indicadores do tema Soluções baseadas na Natureza

Fonte: OICS.

Os indicadores selecionados para o tema foram os seguintes:

- Ocorrência de Desastres Relacionados a Eventos Climáticos entre 2009 e 2019, nos quais houve incidência de qualquer categoria de dano e/ou necessidade de gasto com recuperação (MDR/S2ID, 2009-2019).
- Percentual de Área Verde (IBGE, 2018).

- Percentual de Área de Unidade de Conservação (ICMBio, 2018).
- Taxa de Internação por Doenças Cardiorrespiratórias por 100 mil Habitantes (DATA-SUS, 2019).
- Taxa de Crescimento da Área Antropizada (IBGE, 2018).
- Taxa de Variação entre a Média Histórica de Precipitação de 1990 a 2005 e o Cenário RCP 8,5 (mais crítico) de 2006 a 2040 (INPE, 2004).

O primeiro foi selecionado por representar, de maneira mais completa, o cenário de desastres naturais no Brasil. Os dois seguintes foram considerados importantes representações do uso da terra. A Taxa de Crescimento de Área Antropizada foi mais uma maneira de observar o uso da terra, desta vez seguindo a tendência de mudança nos anos de 2000 a 2018 (este indicador foi verificado como correlacionado com o crescimento populacional e a densidade populacional urbana, calculados para os mesmos anos, mas não utilizados no índice final). Os dois indicadores remanescentes incluídos foram verificados como importantes na composição do conjunto, sobretudo na caracterização do tema.

Considerando o gráfico de componentes principais da Figura 7, pode-se identificar, em 54% da variabilidade dos dados, algumas relações de correlação positivas entre as taxas de internação, o percentual de unidade de conservação e as taxas de variação do cenário mais extremo previsto pelo Inpe. Este último também apresenta correlação negativa um pouco mais forte com o quantitativo de desastres que ocasionaram dano humano, nenhuma das quais se repete nas demais dimensões. Dessa maneira, e considerando o que cada indicador representa individualmente no cenário da resiliência ambiental, esse grupo de indicadores foi considerado como o mais adequado para o tema.

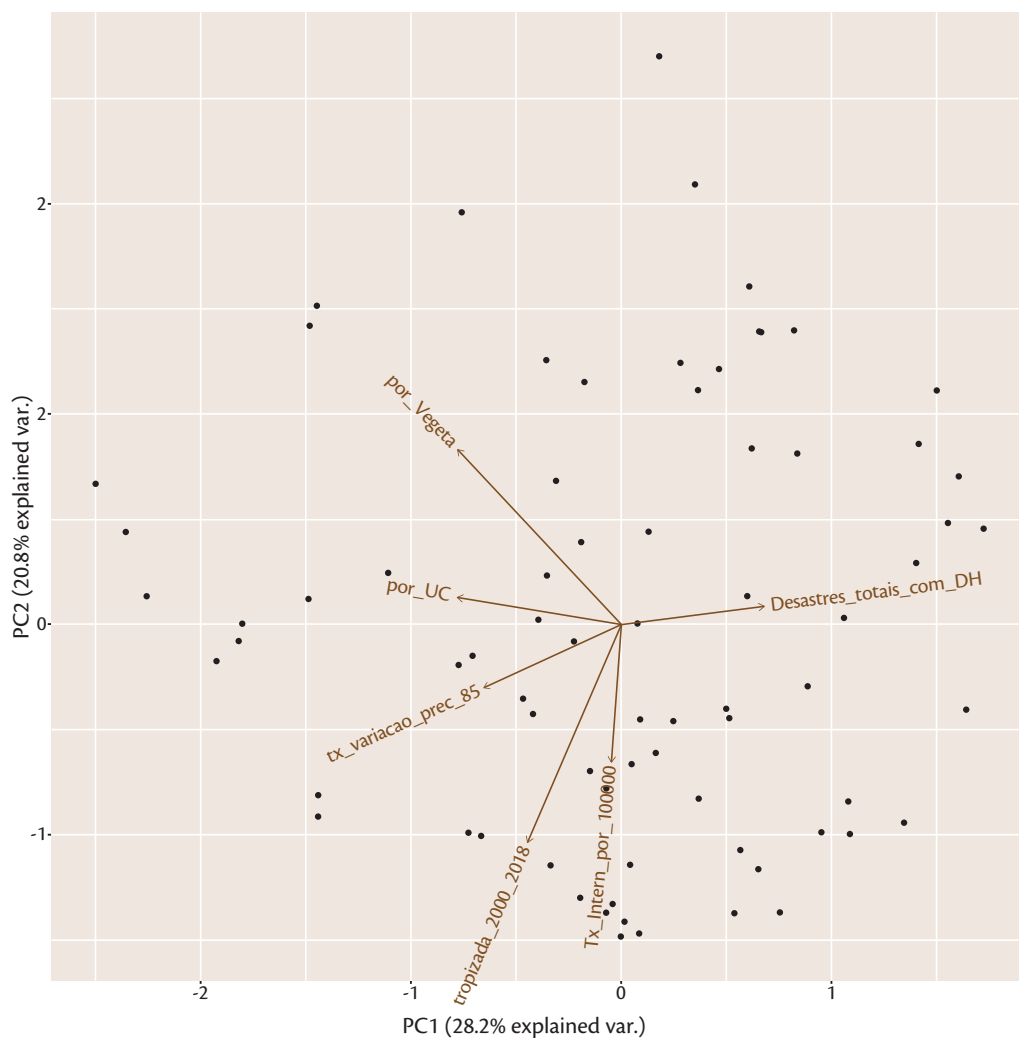


Figura 7 - Gráfico de análise de componentes principais de variáveis selecionadas

Fonte: OICS.

5.2. Agregação dos indicadores: índice sintético e análise de agrupamento

Com os indicadores selecionados e tratados, a etapa seguinte foi a de sua agregação para a identificação dos diferentes tipos de território, definidos com base nas características essenciais dos indicadores temáticos. Foram aplicadas duas metodologias complementares de agregação dos indicadores, cada qual visando atender a um enfoque específico de caracterização do território: uma com foco mais quantitativo, resultando em um índice sintético baseado na tendência central, que busca expressar os níveis de criticidade das cidades-regiões para cada tema; e outra com foco mais qualitativo, que agrega as cidades-regiões com base nas características específicas do grupo de indicadores que compõem cada tema.

A metodologia utilizada para construção do índice sintético foi a otimização de quebras naturais (também nomeado de *Jenks*) e a análise de agrupamento *k-means*. Ambos os métodos são algoritmos

para determinar o melhor arranjo dos dados dentro de *k-clusters* predefinidos, com o *Jenks* sendo usado em casos univariados; e o *k-means*, em casos multivariados. Nos dois métodos, o principal objetivo é minimizar o desvio médio de um *cluster* em torno de sua média (centroide), maximizando a distância para as médias das demais classes. Em outras palavras, os algoritmos minimizam a variância dentro dos grupos e maximizam a variância entre os grupos.

➤ Índice temático – agrupamento de *Jenks*

A construção de um índice temático com base na metodologia *Jenks* (1977) foi proposta pelo Observatório com objetivo de disponibilizar uma medida-resumo que agregue uma representação do nível de criticidade em que cada cidade-região se encontra com relação aos temas explorados no OICS. Para que a composição dos índices temáticos tivesse leitura mais simples e direta, optou-se por se trabalhar com a média dos indicadores padronizados como variável de entrada do algoritmo.

O agrupamento de *Jenks* é um método de classificação de dados projetado para determinar a melhor organização dos valores em diferentes classes. Isso é feito buscando minimizar o desvio médio de cada classe em relação à média da classe, maximizando o desvio de cada classe em relação às médias dos outros grupos. A classificação em quebras naturais é baseada em agrupamentos naturais inerentes aos dados, nos quais são identificadas quebras de classe que melhor agrupam valores semelhantes e que maximizam as diferenças entre as classes.

Para os índices temáticos desenvolvidos pelo Observatório, foram utilizadas cinco classes, que consideram também as condições de visualização e representação espacial de dados e a comparação entre os índices. Tais classes permitem dividir a distribuição de frequências, definida pelo método de agrupamento de *Jenks*, nas seguintes categorias (do melhor para o pior): adequado, satisfatório, regular, precário e crítico.

Utilizando tais definições, continuaremos com o exemplo do tema Soluções baseadas na Natureza para ilustrar os resultados (Tabela 10). O índice construído para esse foi nomeado como índice de resiliência ambiental, em razão das especificidades dos indicadores que foram selecionados para compor o tema, apresentados no item anterior. Os grupos gerados pelo *Jenks* apresentam ordem definida que vai do Grupo 1, com as menores médias observadas, ao Grupo 5, com as maiores médias observadas. Cabe observar que a distribuição de frequências que compõem cada grupo é bastante assimétrica, com destaque para o Grupo 5, que possui apenas três cidades-regiões com faixa de variação acima de 0,7, indicando a criticidade das áreas com relação à temática Resiliência Ambiental.

Tabela 10 - Informação dos grupos formados com a metodologia *Jenks* para o tema Soluções baseadas na Natureza

Grupos	Centroide	Mínimo observado	Máximo observado	Tamanho do cluster (número de cidades-regiões)
1	0.36368	0.26556	0.41454	19
2	0.47089	0.41975	0.50618	25
3	0.54710	0.51204	0.58911	38
4	0.63711	0.59719	0.68699	21
5	0.76175	0.71165	0.81672	3

Fonte: OICS.

Ao considerar a aparentemente variada distribuição dos grupos classificados no cartograma (Figura 8), os grupos 1 e 2 (representando os casos com valores mais baixos do índice resiliência ambiental) apresentam presença maior no interior de São Paulo e no Nordeste, possuindo também representantes nas regiões Sul e Norte, como Londrina, Chapecó, Abaetetuba, Boa Vista, Marabá, entre outras. Ao observar os grupos 4 e 5 (maiores médias do índice de resiliência ambiental), verificam-se cidades-regiões distribuídas em todas as regiões do Brasil, das quais se destacam com médias mais altas: Baixada Santista, Caraguatatuba-Ubatuba-São Sebastião e Manaus.

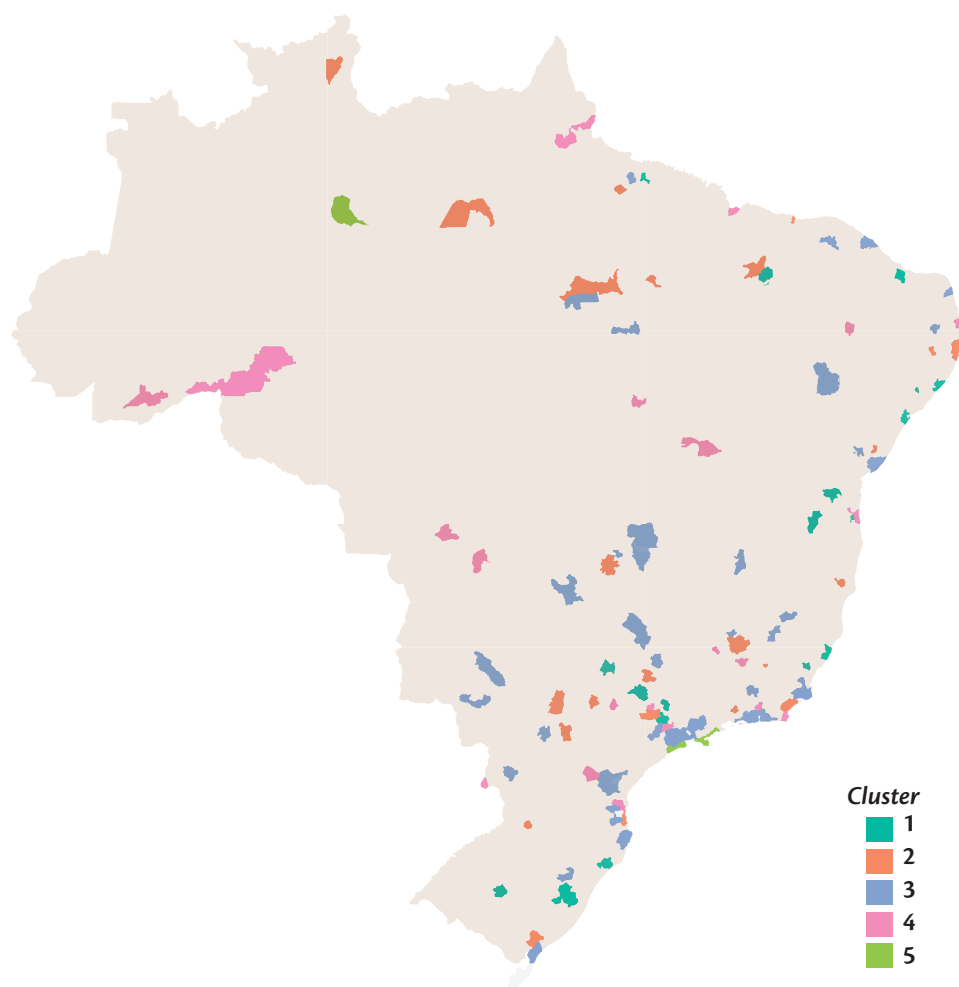


Figura 8 - Distribuição das cidades-regiões segundo *cluster* definido por metodologia *Jenks* para o tema Soluções baseadas na Natureza

Fonte: OICS.

➤ Análise de agrupamento – *K-means*

Com objetivo de agrupar as cidades-regiões com base em características mais específicas do grupo de indicadores que compõem cada tema, foi realizada uma análise de agrupamento com a metodologia *k-means*, que utiliza os indicadores como variáveis de entrada. O *k-means* é um algoritmo clássico de mineração de dados e processamento de sinais, com finalidade de particionar iterativamente n observações com i colunas em k *clusters* (predefinidos). Cada observação possui distanciamento do valor médio para cada *cluster*, chamado centroide. O processo iterativo busca maximizar a distância entre *clusters* e minimizar a distância dentro dos *clusters* para uma convergência ótima. Ao fim do processo otimizado, obtiveram-se tanto a disposição dos *clusters* para cada uma das n observações quanto os centroides finais consolidados, com as tendências finais de cada *cluster* segundo as i colunas. Como se trabalha com cidades-regiões, o processo permite analisar e interpretar também a disposição dos *clusters* em território nacional.

Para definição do número de *clusters* mais representativos de cada tema, utilizou-se, no *software R* (veja CHARRAD *et al.*, 2014), a análise de três métodos bem estabelecidos na literatura: a estatística *gap* (TIBSHIRANI *et al.*, 2001), a silhueta (ROUSSEEUW, 1987) e os índices de Duda-Hart (DUDA; HART, 1973).

A Tabela 11 apresenta o resultado desses três métodos aplicados ao tema Soluções baseadas na Natureza. Partindo do princípio de que o mínimo de *clusters* a serem produzidos é maior ou igual a 5 (que é o número definido como classes do *Jenks*), o objetivo é formular quais são os principais candidatos que aparecem, consideradas as estatísticas disponíveis e como eles organizam os dados.

Tabela 11 - Resultados para critérios de seleção de *cluster* na metodologia *k-means* para o tema Soluções baseadas na Natureza

<i>Cluster</i>	Valor crítico Duda	Valor Duda	Diferença Duda	Valor crítico P-T2	Valor P-T2	Diferença P-T2	Teste F-Beale
5	0.4503	2.2873	-1.837	54.9424	-25.3259	80.2683	1
6	0.3979	0.6115	-0.2136	15.1322	6.353	8.7792	0.053
7	0.1924	3.2389	-3.0465	130.0852	-21.4288	151.514	1
8	0.5356	0.8102	-0.2746	19.9403	5.387	14.5533	0.5263
9	0.4643	1.038	-0.5737	19.6106	-0.6225	20.2331	1
10	0.4503	1.4863	-1.036	34.1864	-9.1611	43.3475	1
11	0.4174	0.7868	-0.3694	16.7526	3.2525	13.5001	0.4619
12	0.4347	0.5362	-0.1015	15.606	10.3789	5.2271	0.0098
13	0.1255	0.6984	-0.5729	27.8739	1.7274	26.1465	0.3298
14	0.3212	1.2493	-0.9281	23.2505	-2.1954	25.4459	1
15	0.1924	1.8787	-1.6863	75.5334	-8.4189	83.9523	1

Fonte: OICS.

A Tabela 11 apresenta os valores críticos e os valores de referência dos indicadores Duda-Hart. O critério de escolha de *cluster* nesse caso é: valor Duda maior que valor crítico Duda, valor P-T2 menor que valor crítico P-T2, teste de *Beale* com hipótese nula aceita ao nível de 95% de confiança. Convencionalmente, o número de *clusters* ótimo é selecionado quando todas essas condições são atendidas no nível mais baixo possível de *clusters*. O caso com 7 *clusters* também se destaca por possuir as diferenças mais pronunciadas. São apresentados os gráficos de silhueta média e estatística *gap*, respectivamente, nas Figuras 9 e 10.

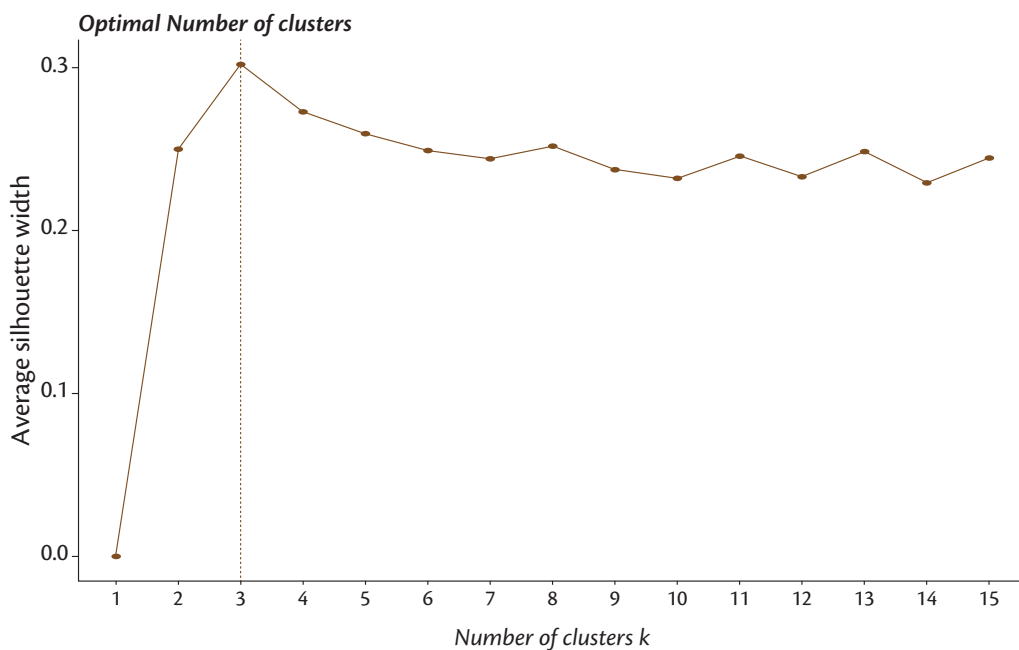


Figura 9 - Resultados para critérios de seleção de *cluster silhouette* na metodologia *k-means* para o tema Soluções baseadas na Natureza

Fonte: OICS.

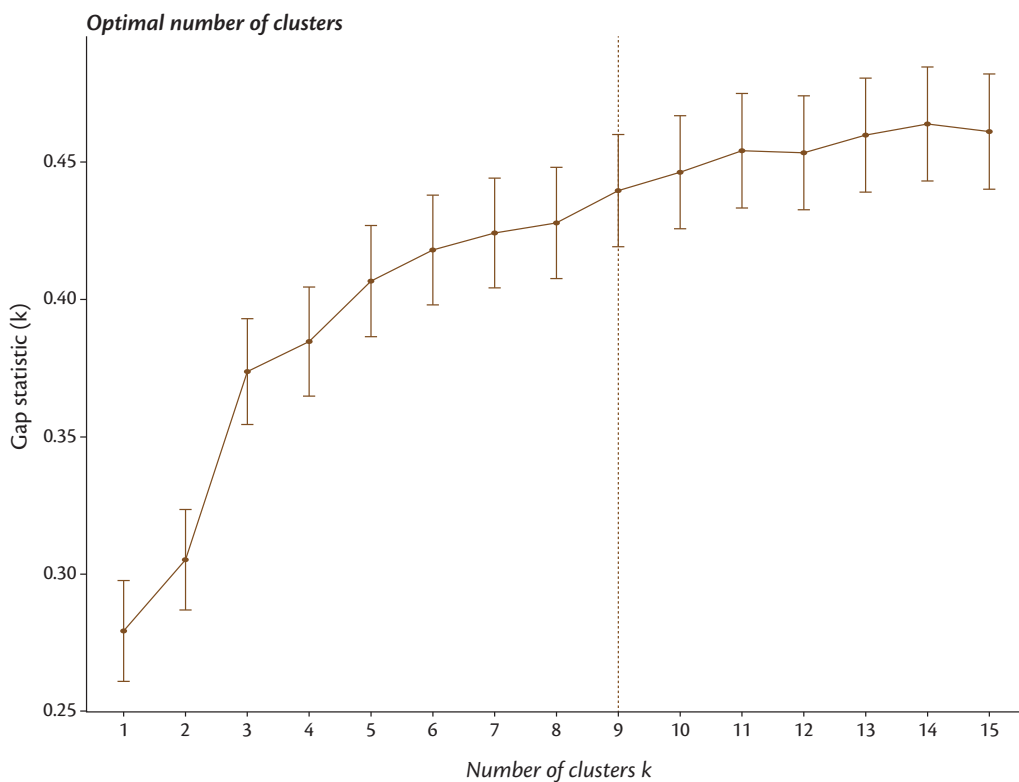


Figura 10 - Resultados para critério de seleção de *cluster gap* na metodologia *k-means* para o tema Soluções baseadas na Natureza

Fonte: OICS.

Considerando que, para o critério de silhueta, se espera o maior valor obtido com o mínimo de *clusters*, o gráfico aponta 3 como a principal escolha, com a escolha entre 5 e 15 (faixa considerada) sendo 5. O gráfico da estatística *gap* apresenta 9 como principal opção, considerando o máximo global observado da função de referência de critério (para mais informações veja DUDOIT; FRIDLAND, 2002).

Com essas informações levantadas e analisadas, foram geradas como opções principais e viáveis 5, 6 e 9 *clusters*. A etapa seguinte é analisar como esses grupos se organizam no território e qual deles melhor representa as informações dos indicadores dentre as cidades-regiões do País. Para o tema Soluções baseadas na Natureza, optou-se por considerar 6 *clusters*, que foi o apontado como ótimo para o maior número das estatísticas disponíveis e consistente em termos de representação dos agrupamentos no território.

Depois da seleção do número de *clusters* considerado, foi utilizada a classificação atribuída a cada observação no gráfico T-SNE, visto na Figura 11 como maneira de validação e consolidação dos resultados finais.

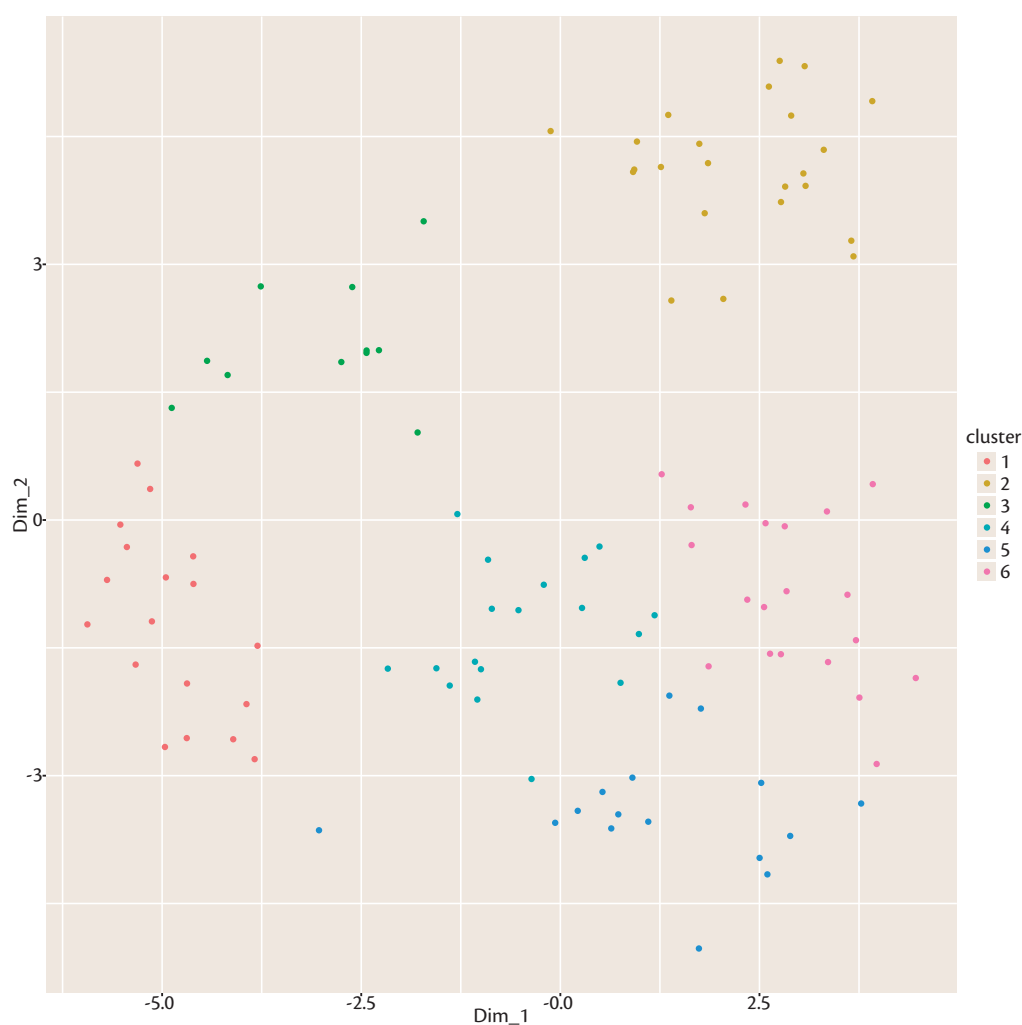


Figura 11 - Representação T-SNE da distribuição das cidades-regiões segundo *cluster* definido por metodologia *Jenks* para o tema Soluções baseadas na Natureza

Fonte: OICS.

Considerando a análise de *cluster* usando o método *k-means*, tem-se como resultado gerado tanto os agrupamentos de cidades-regiões quanto os centroides consolidados para cada *cluster*, segundo as variáveis selecionadas, disponíveis, respectivamente, no cartograma da Figura 12 e na Tabela 12.

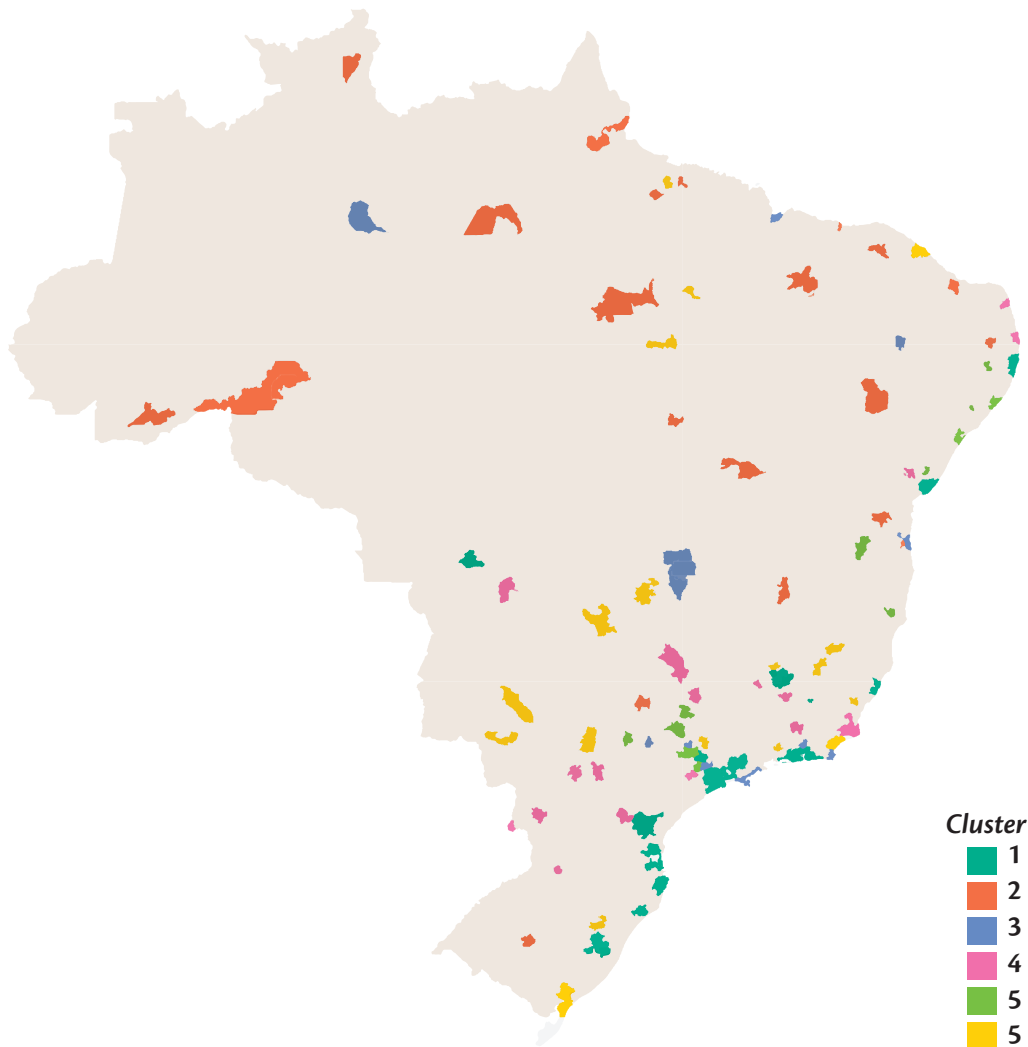


Figura 12 - Distribuição das cidades-regiões segundo *cluster* definido por metodologia *k-means* para o tema Soluções baseadas na Natureza

Fonte: OICS.

Com a leitura e a interpretação dos resultados apresentados, pode-se observar, de maneira geral, que os centroides de área verde e unidade de conservação se apresentam baixos. Tal fato decorre da distribuição muito localizada de alguns *outliers* no Brasil onde os números desses indicadores são muito altos. Dessa maneira, com o número de *clusters* elencados, o percentual de área verde não desponta como a característica mais forte de nenhum dos grupos.

Tais valores aparecem associados com valores que tendem a ser abaixo do percentual de área verde e do percentual de área de unidade de conservação. Tendo em conta essas características, o *cluster* 1 pode ser analisado como o perfil médio das cidades-regiões que possuem propensão a desastres e que, como pode ser observado no cartograma, se distribuem majoritariamente em regiões costeiras

e/ou são alguns dos maiores centros urbanos do País. Os centros urbanos representados no *cluster* 1 aparecem com índice mediano para baixo de resiliência ambiental. Um relativo *outlier* da tendência central é a Baixada Santista, que, apesar de possuir incidência elevadíssima de desastres, possui índices muito bons de área verde e unidade de conservação.

Tabela 12 - Centroides definidos pelo método *k-means* por *cluster* e indicadores do tema Soluções baseadas na Natureza

<i>Cluster</i>	Desastres climáticos ou topográficos com registro de dano humano entre 2009 e 2019	Percentual de área verde	Percentual de área de unidade de conservação	Taxa de internação por doenças cardiorrespiratórias por 100 mil habitantes	Taxa de crescimento da área antropizada	Taxa de variação entre a média histórica de precipitação entre 1990 e 2005 e o cenário RCP 8.5 (mais crítico) entre 2006-2040
1	0.05376344	0.364758	0.38430504	0.7186503	0.83831448	0.7298316
2	0.81346424	0.5838771	0.17545144	0.7049842	0.05052867	0.5874358
3	0.65395894	0.425983	0.87894707	0.5676965	0.78196394	0.6445322
4	0.73297491	0.1273543	0.07444032	0.8984669	0.83475557	0.7854937
5	0.82459677	0.0829262	0.06006644	0.6489189	0.72142003	0.2531342
6	0.79677419	0.2112449	0.08924598	0.4147975	0.78611758	0.7540137

Fonte: OICS.

O *cluster* 2 apresenta associação interessante: a taxa mais elevada de crescimento do percentual de área antropizada nos últimos 10 anos (0,05, lembrando que este indicador teve seus valores invertidos, como descrito anteriormente), associada ao maior percentual de área verde, indica que as áreas verdes predominantes podem estar ameaçadas diante da crescente expansão da área antropizada. Comparado com os demais *clusters*, tanto o registro de desastres quanto o da variação entre a média histórica das taxas de precipitação aparentam ser um pouco mais baixos (sem serem as piores); e, de fato, há algumas observações com essas características (Parauapebas, no caso de desastres, e São José do Rio Preto, no caso de variação entre cenários). Pode-se observar no cartograma a presença forte dessas características nas regiões Norte e Nordeste, em especial no interior desta última.

No *cluster* 3, observam-se as cidades-regiões em melhores condições gerais e de maior equilíbrio entre os indicadores mais positivos, em especial o percentual de área de unidades de conservação. Uma questão de destaque é que alguns seguem a tendência geral, mas se destacam negativamente em áreas específicas. Ilhéus, por exemplo, apresentou indicador de doenças cardiorrespiratórias de 0,11. Outros exemplos seriam Rio Claro e Bauru, que também seguem tendências gerais, mas possuem

indicadores de percentual de área verde abaixo de 0,10. Em termos da distribuição espacial dos dados, o *cluster* possui 11 observações, das quais 5 estão na região Sudeste.

Os *clusters* 4, 5 e 6 têm comportamentos relativamente semelhantes e podem ser analisados conjuntamente. O *cluster* 4 possui, em sua composição, cidades-regiões com índices normalmente muito baixos para percentuais de área verde e área de unidade de conservação, com as demais variáveis em bons níveis. O *cluster* apresenta-se como um agrupamento majoritário das regiões Sudeste e Sul (que representam aproximadamente 83% do *cluster*), como pode ser observado no cartograma.

O *cluster* 5 apresenta a mesma situação para o percentual de área verde e o de unidades de conservação, com situação um pouco melhor no indicador de registro de desastres, e situações piores para os demais, em especial para a Taxa de Variação de Precipitação. O *cluster* 5 apresenta o maior número de cidades-regiões com médias mais baixas no índice resiliência ambiental, representando, portanto, o perfil da maioria das cidades-regiões em situação crítica no Brasil. Em termos espaciais, o *cluster* divide-se entre o interior do estado de São Paulo (com Araraquara e São Carlos, em situação mais crítica) e as cidades-regiões do Nordeste, majoritariamente em situação crítica, das quais se destacam capitais, como Maceió e Aracaju, que apresentam alta incidência de desastres naturais com dano humano.

Por fim, o *cluster* 6 apresenta valores baixos dos percentuais de área verde e de área de unidade de conservação, assim como o *cluster* 4. A diferença mais marcante entre os dois é quanto à Taxa de Internação por Doenças Cardiorrespiratórias, que é notoriamente mais baixa. O *cluster* apresenta uma característica muito forte do Centro-Sul, representando 80% das cidades-regiões.

Referências

- BITOUN, J. **Classificação (tipologia) das cidades brasileiras**. Recife, PE: Observatório Pernambuco de Políticas Públicas e Práticas Sócio-ambientais, 2005. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/magaldi/TIPOLOGIA_CIDADES_BRASIL_BITOUN/Tipologia%20das%20Cidades%20Brasileiras.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.
- BITOUN, J. Tipologia das cidades brasileiras e políticas territoriais: pistas para reflexão. In: BITOUN, J.; MIRANDA, L. (Eds.). **Desenvolvimento e cidades no Brasil**: contribuições para o debate sobre as políticas territoriais. Recife, PE: FASE Pernambuco, 2009. p. 17-44. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/images/stories/cieg/artigos/livrodesenvolecidadesnobrasil.pdf>.
- BITOUN, J.; MIRANDA, L. (Eds.). **Tipologia das cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Letra Capital, Observatório das Metrôpole, 2009. 296 p. (Conjuntura Urbana, 2). Disponível em: https://observatoriodasmetrôpoles.net.br/arquivos/biblioteca/abook_file/Vol2_tipologia_cidades_brasileiras.pdf.
- CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. Nbclust: an R package for determining the relevant number of clusters in a data set. **Journal of Statistical Software**, v. 61, n. 6, out. 2014. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/index.php/jss/article/view/v061i06/v61i06.pdf>.
- CHAVENT, M.; LIQUET, B.; KUENTZ, V.; SARACCO, J. Clustering of categorical variables around latent variables. **Cahiers du GREThA**, n. 2, 2010. 18 p. Disponível em: <http://cahiersdugretha.u-bordeaux4.fr/2010/2010-02.pdf>.
- CHAVENT, M.; LIQUET, B.; KUENTZ, V.; SARACCO, J. ClustOfVar: an R Package for the clustering of variables. **Journal of Statistical Software**, v. 50, n. 13, 2012. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/index.php/jss/article/view/v050i13/v50i13.pdf>.
- CHEN, J. *et al.* Research on geographical environment unit division based on the method of natural breaks (Jenks). **ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XL-4/W3, p. 47-50, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273685692_Research_on_Geographical_Environment_Unit_Division_Based_on_the_Method_of_Natural_Breaks_Jenks/fulltext/57aacf808ae3765c3b5ce40/Research-on-Geographical-Environment-Unit-Division-Based-on-the-Method-of-Natural-Breaks-Jenks.pdf.
- CHOU, S.C. *et al.* Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 03, n. 05, p. 512–527, 2014. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/ajcc.2014.35043>.
- DATASUS. **Morbidade hospitalar geral do Sistema Único de Saúde**, 2019. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=6926>.

DUDA R.O.; HART, P.E. **Pattern classification and scene analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1973. 8 p. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b07c/e649d6f6eb636872527104b0209d3edc8188.pdf>.

DUDOIT, S.; FRIDLAND, J. A prediction-based resampling method for estimating the number of clusters in a dataset. **Genome Biol**, v. 3, n. 7, research0036.1 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/gb-2002-3-7-research0036>.

HAMMOND, A. A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, DC: World Resources Institute, 1995. 58 p. Disponível em: http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf.

GEIGER, P. P. Organização Regional do Brasil. **Revista Geográfica**, Tomo 33, n. 61, p. 25-53, jul./dez., 1964.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2015. 167 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99700.pdf>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas nacional digital do Brasil**. PGI – Plataforma Geográfica Interativa. Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional. Acesso em: 14 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco multidimensional de estatísticas – BME**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.bme.ibge.gov.br/index.jsp>. Acesso em: 13 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 out 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15790-classificacao-e-caracterizacao-dos-espacos-rurais-e-urbanos-do-brasil.html?=&t=o-que-e>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Grade estatística uso da terra**, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?edicao=27217&t=o-que-e>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de informações básicas municipais**. Perfil dos municípios brasileiros – Meio Ambiente. Rio de Janeiro. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Região de influência das cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=o-que-e>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil>. Acesso em: 20 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Estudo de representatividade ecológica nos biomas brasileiros**. Brasília: Ibama-MMA, 2003.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Áreas das unidades de conservação, 2018**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Cenários de mudanças climáticas futuras Brasil e América do Sul**, 2004. Disponível em: <http://dadosclima.ccst.inpe.br/>.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – IISD. **The Dashboard of sustainability**. Canadá: 1999. Disponível em: <https://www.iisd.org/library/dashboard-sustainability-brochure>.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. Campinas: Alínea/PUC-Campinas. 2001.

JANNUZZI, P. M. Indicadores para diagnóstico, monitoramento e avaliação de programas sociais no Brasil. **Revista do Serviço Público** v. 56, n. 2, p. 137-160, 2005. Disponível em: https://static.fecam.net.br/uploads/28/arquivos/4054_JANUZZI_P_Construcao_Indicadores_Sociais.pdf.

JENKS, G. F. **Optimal data classification for choropleth maps**. Kansas: Department of Geography, University Kansas, p. 24, 1977. (Occasional Paper n. 2).

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. **Site**. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Redefining urban:** a new way to measure metropolitan areas. Paris: OECD, 2012. 19 p. Disponível em: http://scorus.org/wp-content/uploads/2015/07/2013Guan_PT1.3.pdf.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS):** 17 objetivos para transformar nosso mundo. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>.

ROUSSEEUW P. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, n. 20, p. 53-65, 1987. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Peter_Rousseeuw/publication/222451107_Rousseeuw_PJ_Silhouettes_A_Graphical_Aid_to_the_Interpretation_and_Validation_of_Cluster_Analysis_Comput_Appl_Math_20_53-65/links/59e1d354458515393d57bbdf/Rousseeuw-PJ-Silhouettes-A-Graphical-Aid-to-the-Interpretation-and-Validation-of-Cluster-Analysis-Comput-Appl-Math-20-53-65.pdf.

SANTOS, M. P. **Zonas geoeconômicas no estado do Rio de Janeiro:** um estudo sob a ótica do desenvolvimento sustentável. 121 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas. 1 CD ROM. Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <http://livroso1.livrosgratis.com.br/cp079557.pdf>.

S2ID – **Sistema Integrado de Informações sobre** Desastres v3.7.010b., MDR, 2019. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/index.xhtml>.

STEKHOVEN, D. J.; BUEHLMANN, P. MissForest – nonparametric missing value imputation for mixed-type data. **Bioinformatics**, v. 28, n. 1, p. 112-118. 2012. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1105.0828.pdf>.

TIBSHIRANI, R.; WALTHER, G.; HASTIE, T. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. **Journal of the Royal Statistical Society B**, v. 63, n. 2, p. 411-423, 2001. Disponível em: <https://statweb.stanford.edu/~gwalther/gap>.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Addison-Wesely, 1977.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade:** uma análise comparativa. Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: UFS, 235 p. 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84033/189898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

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

Cidades-regiões por tamanho populacional

Cidades intermediárias >150.000 e <500.000 hab.	Áreas metropolitanas >500.000 e <1.500.000 hab.	Grandes áreas metropolitanas >1.500.000 hab.
Abaetetuba	Aracaju	Baixada Santista
Alagoinhas	Blumenau	Belém
Americana - Santa Bárbara d'Oeste	Campina Grande	Belo Horizonte
Anápolis	Campo Grande	Brasília
Araguaína	Campos dos Goytacazes	Campinas
Arapiraca	Caxias do Sul	Curitiba
Araraquara	Cuiabá	Fortaleza
Barreiras	Feira de Santana	Goiânia
Bauru	Florianópolis	Manaus
Boa Vista	Ipatinga	Porto Alegre
Cabo Frio	Itajaí – Balneário Camboriú	Recife
Cachoeiro de Itapemirim	João Pessoa	Rio de Janeiro
Caraguatatuba – Ubatuba – São Sebastião	Joinville	Salvador
Caruaru	Juiz de Fora	São José dos Campos
Cascavel	Jundiaí	São Paulo
Castanhal	Londrina	Vitória
Caxias	Macapá	
Chapecó	Maceió	
Conselheiro Lafaiete	Maringá	
Criciúma	Natal	
Divinópolis	Petrolina/Juazeiro (PE/BA)	
Dourados	Porto Velho	
Foz do Iguaçu	Ribeirão Preto	
Franca	São José do Rio Preto	
Governador Valadares	São Luís	
Ilhéus	Sorocaba	
Imperatriz	Teresina/Timon (PI/MA)	
Indaiatuba	Uberlândia	
Itabuna		
Itu - Salto		
Jaraguá do Sul		

Cidades intermediárias >150.000 e <500.000 hab.	Áreas metropolitanas >500.000 e <1.500.000 hab.	Grandes áreas metropolitanas >1.500.000 hab.
Jequié		
Juazeiro do Norte		
Limeira		
Macaé/Rio das Ostras		
Marabá		
Marília		
Mogi Guaçu – Mogi Mirim		
Montes Claros		
Mossoró		
Palmas		
Parauapebas		
Parnaíba		
Pelotas		
Petrópolis		
Piracicaba		
Ponta Grossa		
Presidente Prudente		
Rio Branco		
Rio Claro		
Rio Grande		
Rio Verde		
Rondonópolis		
Santa Maria		
Santarém		
São Carlos		
Sete Lagoas		
Sobral		
Teixeira de Freitas		
Uberaba		
Vitória da Conquista		
Volta Redonda – Barra Mansa		

Cidades-regiões por biomas e ecótonos

Cidade-região	Bioma principal	Bioma secundário
Porto Velho	Amazônia	
Rio Branco	Amazônia	
Manaus	Amazônia	
Boa Vista	Amazônia	
Belém	Amazônia	
Santarém	Amazônia	
Marabá	Amazônia	Ecótono Cerrado-Amazônia
Abaetetuba	Amazônia	
Castanhal	Amazônia	
Parauapebas	Amazônia	Ecótono Cerrado-Amazônia
Macapá	Amazônia	Zona Costeira
Palmas	Cerrado	Ecótono Cerrado-Amazônia
Araguaína	Amazônia	Ecótono Cerrado-Amazônia
São Luís	Zona dos Cocais	Zona Costeira
Imperatriz	Amazônia	Cerrado
Caxias	Zona dos Cocais	
Teresina/Timon (PI/MA)	Caatinga	Zona dos Cocais
Parnaíba	Caatinga	Zona Costeira
Fortaleza	Caatinga	Zona Costeira
Juazeiro do Norte	Caatinga	
Sobral	Caatinga	
Natal	Caatinga	Zona Costeira
Mossoró	Caatinga	
João Pessoa	Mata Atlântica	Zona Costeira
Campina Grande	Caatinga	
Recife	Mata Atlântica	Zona Costeira
Caruaru	Caatinga	
Petrolina/Juazeiro (PE/BA)	Caatinga	
Maceió	Mata Atlântica	Zona Costeira
Arapiraca	Caatinga	
Aracaju	Mata Atlântica	Zona Costeira
Salvador	Mata Atlântica	Zona Costeira
Feira de Santana	Caatinga	Mata Atlântica
Vitória da Conquista	Caatinga	Mata Atlântica
Alagoinhas	Caatinga	Mata Atlântica

Cidade-região	Bioma principal	Bioma secundário
Barreiras	Cerrado	
Ilhéus	Mata Atlântica	Zona Costeira
Itabuna	Mata Atlântica	
Jequié	Caatinga	Mata Atlântica
Teixeira de Freitas	Mata Atlântica	
Belo Horizonte	Mata Atlântica	Cerrado
Juiz de Fora	Mata Atlântica	
Ipatinga	Mata Atlântica	
Divinópolis	Mata Atlântica	Cerrado
Governador Valadares	Mata Atlântica	
Conselheiro Lafaiete	Mata Atlântica	
Montes Claros	Caatinga	Cerrado
Sete Lagoas	Cerrado	
Uberaba	Cerrado	
Uberlândia	Cerrado	Mata Atlântica
Vitória	Mata Atlântica	Zona Costeira
Cachoeiro de Itapemirim	Mata Atlântica	
Rio de Janeiro	Mata Atlântica	Zona Costeira
Campos dos Goytacazes	Mata Atlântica	Zona Costeira
Volta Redonda – Barra Mansa	Mata Atlântica	
Macaé/Rio das Ostras	Mata Atlântica	Zona Costeira
Cabo Frio	Mata Atlântica	Zona Costeira
Petrópolis	Mata Atlântica	
São Paulo	Mata Atlântica	
Baixada Santista	Mata Atlântica	Zona Costeira
Campinas	Mata Atlântica	Cerrado
São José dos Campos	Mata Atlântica	
Sorocaba	Mata Atlântica	
Piracicaba	Mata Atlântica	Cerrado
Ribeirão Preto	Cerrado	
São José do Rio Preto	Mata Atlântica	Cerrado
Jundiaí	Mata Atlântica	
Bauru	Cerrado	
Presidente Prudente	Cerrado	Mata Atlântica
Americana - Santa Bárbara d'Oeste	Cerrado	Mata Atlântica
Araraquara	Cerrado	

Cidade-região	Bioma principal	Bioma secundário
Limeira	Cerrado	
Franca	Cerrado	
Caraguatatuba – Ubatuba – São Sebastião	Mata Atlântica	Zona Costeira
Itu – Salto	Mata Atlântica	
São Carlos	Cerrado	
Mogi Guaçu – Mogi Mirim	Mata Atlântica	Cerrado
Indaiatuba	Mata Atlântica	
Rio Claro	Cerrado	Mata Atlântica
Marília	Cerrado	Mata Atlântica
Curitiba	Mata Atlântica	
Maringá	Mata Atlântica	
Londrina	Mata Atlântica	
Ponta Grossa	Mata Atlântica	
Cascavel	Mata Atlântica	
Foz do Iguaçu	Mata Atlântica	
Florianópolis	Mata Atlântica	Zona Costeira
Joinville	Mata Atlântica	
Criciúma	Mata Atlântica	Zona Costeira
Chapecó	Mata Atlântica	
Itajaí – Balneário Camboriú	Mata Atlântica	Zona Costeira
Blumenau	Mata Atlântica	
Jaraguá do Sul	Mata Atlântica	
Porto Alegre	Mata Atlântica	
Santa Maria	Pampa	
Pelotas	Pampa	
Rio Grande	Pampa	Zona Costeira
Caxias do Sul	Mata Atlântica	
Campo Grande	Cerrado	
Dourados	Cerrado	Mata Atlântica
Cuiabá	Cerrado	
Rondonópolis	Cerrado	
Goiânia	Cerrado	Mata Atlântica
Anápolis	Cerrado	Mata Atlântica
Rio Verde	Cerrado	Mata Atlântica
Brasília	Cerrado	

Cidades-regiões por extensão da linha de costa

Cidade-região	Extensão da linha de costa (km)
Macapá	80,7
São Luís	126,17
Parnaíba	19,42
Fortaleza	97,58
Natal	50,53
João Pessoa	84,87
Recife	121,15
Maceió	77,37
Aracaju	56,75
Salvador	168,86
Ilhéus	76,05
Vitória	87,67
Rio de Janeiro	405,59
Campos dos Goytacazes	61,72
Macaé/Rio das Ostras	70,12
Cabo Frio	127,88
Baixada Santista	138,21
Caraguatatuba – Ubatuba – São Sebastião	371,73
Florianópolis	293,75
Joinville	3,37
Criciúma	13,6
Itajaí – Balneário Camboriú	87,73
Rio Grande	65,47

Lista de figuras

Figura 1 - Regiões geoeconômicas do Brasil	10
Figura 2 - Cidades-regiões por categoria de tamanho populacional e região geoeconômica (2018)	11
Figura 3 - Biomas, ecótonos e cidades-regiões selecionadas	12
Figura 4 - Etapas de trabalho para elaboração de um sistema de indicadores	14
Figura 5 - Mapa Tipologias	23
Figura 6 - Dendograma dos indicadores do tema Soluções baseadas na Natureza	26
Figura 7 - Gráfico de análise de componentes principais de variáveis selecionadas	28
Figura 8 - Distribuição das cidades-regiões segundo <i>cluster</i> definido por metodologia <i>Jenks</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	31
Figura 9 - Resultados para critérios de seleção de <i>cluster silhueta</i> na metodologia <i>k-means</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	33
Figura 10 - Resultados para critério de seleção de <i>cluster gap</i> na metodologia <i>k-means</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	33
Figura 11 - Representação T-SNE da distribuição das cidades-regiões segundo <i>cluster</i> definido por metodologia <i>Jenks</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	34
Figura 12 - Distribuição das cidades-regiões segundo <i>cluster</i> definido por metodologia <i>k-means</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	35

Lista de tabelas

Tabela 1 - Indicadores de Ambiente Construído	19
Tabela 2 - Indicadores de Energia	19
Tabela 3 - Indicadores de Inovação	19
Tabela 4 - Indicadores de Mobilidade Urbana	20
Tabela 5 - Indicadores de Saneamento Ambiental (Água)	20
Tabela 6 - Indicadores de Saneamento Ambiental (Resíduos)	20
Tabela 7 - Indicadores de Soluções baseadas na Natureza	21
Tabela 8 - Indicadores de Visão e Planejamento – Desigualdade Social	21
Tabela 9 - Indicadores de Visão e Planejamento – Governança	22
Tabela 10 - Informação dos grupos formados com a metodologia <i>Jenks</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	30
Tabela 11 - Resultados para critérios de seleção de <i>cluster</i> na metodologia <i>k-means</i> para o tema Soluções baseadas na Natureza	32
Tabela 12 - Centroides definidos pelo método <i>k-means</i> por <i>cluster</i> e indicadores do tema Soluções baseadas na Natureza	36

