

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA PARA SISTEMAS URBANOS NO CONTEXTO DE IMPACTOS CLIMÁTICOS PARA USO NO ADAPTABRASIL

Paloma Cardoso de Oliveira Santos

Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, Pará, Brasil
paloma.santos@tucuruui.ufpa.br

Davi Edson Sales e Souza

Universidade Federal do Pará, Pará, Brasil
davisales@ufpa.br

Júlia Alves Menezes

Laboratório de Análises e Desenvolvimento de Indicadores para a Sustentabilidade, Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, São Paulo, Brasil
julia.menezes@inpe.br

Resumo: Desde a década de 1990, tem sido observado um aumento na frequência e magnitude de eventos climáticos extremos e desastres como ondas de calor, secas, aumento do nível do mar, dentre outros, os quais têm se intensificado devido à mudança climática e afetado um contingente populacional cada vez maior ao redor do globo. Esse cenário se mostra especialmente crítico para os sistemas urbanos, pois estes conformam uma grande concentração de população, ativos e atividades econômicas que implicam maiores riscos associados aos diversos impactos das mudanças climáticas. Em uma parceria do ADAPTABRASIL com o LADIS (Laboratório de Análises e Desenvolvimento de Indicadores para a Sustentabilidade), o projeto teve como objetivo desenvolver arcabouço metodológico para a avaliação da resiliência em sistemas socioecológicos urbanos brasileiros, a partir i) de uma revisão exploratória da literatura sobre resiliência e indicadores no contexto da mudança do clima e ii) da construção de uma base de dados capaz de embasar a operacionalização de um modelo conceitual a ser aplicado em área piloto. Para o primeiro objetivo, 24 artigos foram lidos na íntegra abordando tanto a parte conceitual quanto a utilização de indicadores de resiliência para contextos urbanos. A revisão também apontou cinco dimensões como importantes para mensurar a resiliência de áreas urbanas: ambiental/ecológica, econômica, governança e segurança/instituições, infraestrutura/ambiente construído e social. Para o segundo objetivo, cerca de 300 indicadores foram compilados em um banco de dados a partir da literatura. A partir do refinamento da disponibilidade desses indicadores, um banco de dados está sendo finalizado para permitir a avaliação da resiliência dos municípios do estado do Pará com base nas cinco dimensões observadas. A partir dos resultados, espera-se contribuir para a consolidação de um banco de dados de indicadores de resiliência adaptados à realidade brasileira, a ser albergado no LADIS, e compreender os fatores que incrementam ou reduzem a resiliência urbana em escala local.

Palavras-chave: Resiliência, Mudança do Clima Urbano, Indicadores, Sistemas Socioecológicos.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

1. INTRODUÇÃO

O ADAPTABRASIL é uma plataforma do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que integra Índices e Indicadores de risco de impactos das mudanças climáticas no Brasil, analisando impactos projetados sobre os municípios em setores estratégicos como alimentar, energético, hídrico, infraestrutura e saúde. Nesse contexto, faz-se necessário discutir a resiliência climática urbana, pois ela trata sobre a capacidade do sistema urbano suportar um choque e retornar ao seu estado, adaptando-se. Um índice de resiliência em áreas urbanas é, portanto, útil aos planejadores e tomadores de decisão pois permite sintetizar informações complexas e auxiliar na compreensão da melhor forma de aprimorar as habilidades municipais para se preparar, absorver, recuperar e se adaptar a eventos climáticos extremos.

As cidades são alvos importantes para o conceito de resiliência às mudanças climáticas porque contêm inúmeros setores e atividades interdependentes e intimamente ligados, como é o caso de um organismo. Elas não apenas devem mitigar o risco de vários desastres no curto prazo, mas também devem construir sua capacidade de responder efetivamente a uma transformação sistêmica e, desenvolver essa capacidade requer uma nova abordagem que busca uma mudança fundamental no planejamento e gestão urbana à medida que as incertezas futuras e a complexidade urbana se intensificam.

Estima-se que cerca de 495 mil pessoas morreram em todo o mundo como resultado direto dos mais de 12 mil eventos registrados entre 1999-2018, com perdas se aproximando dos US\$3,54 trilhões em poder de paridade de compra [1]. Tal cenário se mostra especialmente crítico para os sistemas urbanos, pois estes conformam uma grande concentração de população, ativos e atividades econômicas que implicam maiores riscos associados aos diversos impactos das mudanças climáticas [4]. Cabe esclarecer que o risco se dá em função do perigo, da exposição a esse perigo e das condições de vulnerabilidade da população, ativos ou sistemas expostos, sendo esses fatores dinâmicos no tempo e no espaço [2,3,5].

Tendo em vista que a Amazônia desempenha um papel importante no ciclo de carbono planetário e é considerada como uma região de grande risco do ponto de vista das influências das mudanças climáticas, com o aumento das emissões de gases do efeito estufa associados a atividades antrópicas (i.e. queimadas, desmatamento, urbanização) e suas consequências como a formação de ilhas urbanas de calor etc., o estudo se voltará para o estado do Pará, localizado na região norte do país. O objetivo foi desenvolver um arcabouço metodológico para a avaliação da resiliência em sistemas socioecológicos urbanos para os municípios paraenses, definindo um corpo de indicadores que permitissem avaliar a resiliência de áreas urbanas. Este passo é fundamental para o atingimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e para enfrentar os desafios globais impostos pelas mudanças climáticas na escala municipal.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

2. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica, exploratória e descritiva, que embasou a construção do banco de dados de indicadores (n=300) e as principais definições do modelo conceitual de resiliência urbana a ser adotada na presente pesquisa (dimensões). Os indicadores foram refinados por meio da: compatibilidade – indicadores que eram mais similares à realidade das cidades brasileiras e disponibilidade – indicadores que eram passíveis de obtenção em bases de dados secundárias ou de projetos no nível municipal. Uma checagem dos dados foi realizada para i) excluir aqueles com valores faltantes acima de 20% ou com pouca variação entre seus valores e ii) realizar a agregação por meio de média aritmética simples dos indicadores com informações complementares, o que resultou nos indicadores apresentados na figura 1. Para a construção do índice de resiliência urbana, realizou-se o tratamento dos dados através da normalização pelo método mínimo-máximo, de forma que todos os valores ficassem entre 0 e 1, e da imputação de valores faltantes, para a qual foi utilizada o valor médio do indicador.

Sigla	Nome Indicador	Fonte
Amb_1	Áreas Verdes Urbanas	Mapbiomas
Amb_3	Agregado Qualidade do ar (PM2.5 e CO2 eq)	IDSC
Amb_4	Balanço hídrico qualitativo	Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - Adapta Brasil MCTI.
Amb_6	Consumo medio percapita agua (l/hab./dia)	Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - Adapta Brasil MCTI.
Amb_7	Índice de Segurança Hídrica (humana)	ANA
Amb_10	Taxa de áreas florestadas e naturais por hab	IDSC
Amb_12	Agregado resíduos sólidos urbanos	IDSC
Infra_1	Densidade Populacional 2000-2020 (%)	Primário
Infra_2	Área Urbanizada	IBGE
Infra_3	Expansão Urbana 2000-2020 (%)	Primário
Infra_4	Tempo Deslocamento Igual ou superior 1h (%)	Censo
Infra_5	Investimento público em infraestrutura (R\$)	IDSC
Infra_6	Agregado comunicação (acesso a telefonia móvel e internet)	ANATEL
Social_1	Alimentos basicos provenientes da agricultura familiar por 1000 hab	Primário / IBGE
Social_2	Mortes no Trânsito	IDSC
Social_3	Profissionais de saúde 1000 hab	DataSus
Social_10	Agrangência do Programa Bolsa Família	Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - Adapta Brasil MCTI.
Social_11	Instrucao Mulheres Chefes Familia (%)	Censo
Social_13	Vereadoras Câmara	IDSC
Social_14	Agregado Equipamentos de educação e cultura	IDSC
Social_15	Ensino Médio e Superior (%)	Censo
Econ_1	Rendimento nominal médio mensal (R\$)	Censo
Econ_2	PIB per capita	IBGE
Econ_4	Valor Adicionado PIB Indústria	Atlas Brasil
Econ_5	Taxa de desemprego	IDSC
Econ_6	Taxa de ocupação	IDSC
Gov_1	Organizações Civas 1000hab	IPEA
Gov_2	Conselhos Municipais - Existência e Paridade	MUNIC, IBGE
Gov_3	Combate corrupcao	IDSC
Gov_4	Política direitos humanos	IDSC
Gov_5	Política transparência	IDSC
Gov_6	Financiamento protecao ambiental	IDSC
Gov_7	Gestao de riscos e prevencao desastres	IDSC

Figura 1. Relação dos indicadores do Índice de Resiliência Urbana do Pará.

Também foi realizado um ajuste de direcionalidade de forma que os indicadores que apresentassem relação indireta com a resiliência fossem invertidos, logo quanto maior o valor do indicador, maior a resiliência. Para cada dimensão, foi feita uma média aritmética simples dos indicadores que a compuseram e para a obtenção do Índice de Resiliência Urbana, também foi utilizada a média aritmética simples dos índices finais de cada dimensão. Os resultados foram projetados em mapas

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

cloropléticos para melhor visualização apresentando valores categorizados em muito baixo (0 – 0,2), baixo (0,2 – 0,4), médio (0,4 – 0,6), alto (0,6 – 0,8) e muito alto (0,8 – 1,0).

3. RESULTADOS

A revisão apontou cinco dimensões como importantes para mensurar a resiliência das áreas urbanas paraenses – ambiental, ambiente construído, social, econômica e governança. Os índices de cada dimensão bem como o Índice de Resiliência Urbana estão apresentados na figura 1 A-F.

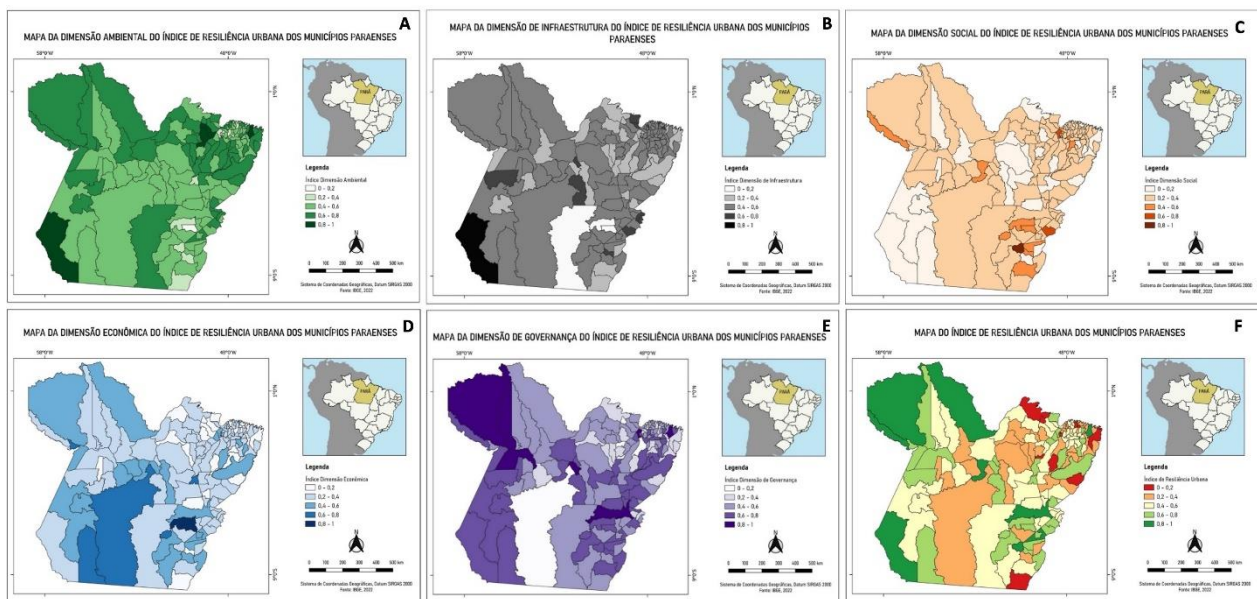


Figura 2. Mapas das dimensões ambiental (A), ambiente construído (B), social (C), econômica (D), governança (E) e do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará.

No índice da dimensão ambiental (figura 1A), observa-se que as porções Norte e Nordeste do Pará apresentaram maior valor do índice, denotando melhores condições ecológicas do que a parte central do estado. Esses resultados são corroborados por dados do Anuário Estatístico do Pará, em que essas mesmas regiões são as que apresentam as menores taxas de desflorestamento acumulado e de focos de calor do estado (FAPESPA, 2017). Se destacaram nessa dimensão o município de Jacareacanga com valores muito altos.

Para a infraestrutura (figura 1B), a maior parte do estado apresentou valores considerados médios (superiores a 0,4). Porém, chamam a atenção os municípios de São Felix do Xingu, Parauapebas e Canaã dos Carajás, para os quais o índice foi muito baixo, assim como um aglomerado de municí-

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

pios na porção Nordeste, com desempenho baixo. Por outro lado, Jacareacanga se destacou novamente com um índice de infraestrutura considerado muito alto. Percebe-se que o município apresenta pequena área urbana, com baixas densidade demográfica e taxa de expansão urbana, o que parece ter exercido grande peso na configuração final do índice.

No que se refere a distribuição dos valores do índice da dimensão social (figura 1C), os municípios paraenses apresentaram desempenho baixo ou muito baixo, com algumas exceções de valores médios e altos dispersos pelo estado. Os dados do Índice de Desenvolvimento Humano do Brasil reiteram esse perfil observado na dimensão social, uma vez que o IDH-M também se apresenta nos limites mais baixos para a maior parte do estado (PNUD, s.d.).

Os resultados do índice para a dimensão econômica (figura 1D) mostraram maior resiliência no eixo sul do estado, com alguns destaques nos extremos leste e oeste. Assim como na dimensão social, a maior parte dos municípios paraenses apresentou valores entre muito baixo e baixo para a economia. Enfatiza-se que os indicadores que compuseram a dimensão econômica estão fortemente ligados a fatores do PIB e empregos, o que concorda com a distribuição dos dados sobre a economia paraense que mostra maior pujança (ex. valor adicionado bruto a preços correntes e repasse de ICMS) justamente no eixo centro-sul do estado (FAPESPA, 2017). Entretanto, cabe a reflexão se, no campo da resiliência urbana e mudanças climáticas, esses indicadores seriam os mais adequados para garantir o desenvolvimento urbano mais equitativo e justo socioambientalmente.

Na questão da governança e instituições (figura 1E), percebe-se que houve um agrupamento de municípios a oeste com maior resiliência nessa dimensão, sendo que a maior parte dos municípios paraenses ficou com valores de índices entre as categorias médio e alto. Destaque foram os municípios de Óbidos, com valor máximo, e Altamira, com o valor mais baixo.

Por fim, o Índice de Resiliência Urbana dos municípios paraenses é apresentado na figura 1F. É possível observar que há maior resiliência urbana, considerando todas as dimensões avaliadas, para o eixo oeste do estado, com um aglomerado de municípios mais resilientes também na porção sudeste. Em uma comparação com os resultados do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC-Brasil), considerando a pontuação geral, percebe-se um padrão semelhante de desempenho entre baixo e muito baixo na maior parte do estado. Entretanto, a distribuição do Índice de Resiliência Urbana é mais dispersa e heterogênea, permitindo analisar de maneira mais focalizada as diferentes regiões e municípios paraenses.

4. CONCLUSÕES

A partir da definição das principais dimensões que compõem a resiliência urbana foi possível construir a analisar o perfil de resiliência dos municípios paraenses. De todas as dimensões, a ambiental

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

é na qual os municípios apresentaram, em sua maioria, valores maiores, denotando mais resiliência nesse aspecto. Por outro lado, identificou-se as dimensões social e econômica como as que precisam ser mais bem trabalhadas no nível municipal para garantir que a população e os governos locais possam lidar e se recuperar de forma mais efetiva dos impactos observados e futuros das mudanças climáticas. Nesse sentido, o índice aqui proposto pode contribuir para o acompanhamento das metas dos ODS 11 - cidades e comunidades sustentáveis - e 13 - Ação contra a mudança global do clima.

Espera-se dar continuidade ao trabalho através do aprimoramento dos indicadores utilizados, dado que os municípios da região amazônica apresentam conformações socioambientais e urbanas distintas das demais cidades do país. Por exemplo, para a dimensão de infraestrutura, pode não ser o mais adequado considerar áreas urbanas ou densidade populacional como marcadores de resiliência, pois a configuração urbana amazônica muitas vezes se caracteriza por extensos municípios com sedes urbanas pequenas. Ajustes desse tipo irão contribuir para calibrar os resultados à realidade paraense. Ainda, cabe ressaltar que o trabalho conduzido até agora embasará a persecução outros objetivos importantes, quais sejam: i) realizar um estudo de caso que permita avaliar a resiliência de áreas urbanas pós-impacto climático; e ii) ajustar o modelo a partir dos resultados do estudo de caso.

REFERÊNCIAS

- [1] ECKSTEINS, D. et. al. Global climate risk index 2020: Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2018 and 1999 to 2018 (Joanne Chapman-Rose, Janina Longwitz, org.). Berlin, 2019.
- [2] GALLOPÍN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global environmental change**, v. 16, n. 3, p. 293-303, 2006.
- [3] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part. A: Global and Sectoral Aspects; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2014.
- [4] TAPIA L., et al. Urban resilience efforts must consider social and political forces. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 2, p. 186-189, 2017.
- [5] UNISDR Annual Report 2017, **RELIEFWEB (OCHA)**. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/unisdr-annual-report-2017?gclid=CjwKCAjwIJimBhAsEiwA1hrp5s4yfWlxJCUXbkimxqGF9gV91FPct-0iGdg4MKyqdvOnwbbP8KifbRoC7C8QAvD_BwE>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022