
ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL PARA A LAGOA DA CONCEIÇÃO/FLORIANÓPOLIS/SC: um instrumento de apoio na gestão dos impactos das mudanças climáticas na zona costeira

DEVELOPMENT OF A SOCIAL VULNERABILITY INDEX FOR THE LAGOA DA CONCEIÇÃO/FLORIANÓPOLIS/SC: an instrument to support the management of climate change impacts in the coastal zone

DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA LA LAGOA DA CONCEIÇÃO/FLORIANÓPOLIS/SC: un instrumento de apoyo en la gestión de los impactos del cambio climático en la zona costera

Allan de Oliveira de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Ecologia, Porto Alegre, Brasil.
allan.oliveira@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8287-1894>

Jarbas Bonetti

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Oceanografia Costeira, Florianópolis, Brasil. jarbas.bonetti@ufsc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4564-251X>

RESUMO

A elevação do nível do mar resultante das mudanças climáticas está alterando a dinâmica dos sistemas costeiros, gerando risco a população que reside nas zonas costeiras baixas. O objetivo deste artigo foi o de gerar um Índice de Vulnerabilidade Social para a Lagoa da Conceição (Florianópolis/SC/Brasil). A abordagem metodológica adotada utilizou descritores sociodemográficos do IBGE (população, domicílios e rendimento). Ao todo 53,36% da orla possui Índice de Vulnerabilidade Social entre alto a muito alto. Os descritores de renda foram considerados os mais relevantes, pois esta determina a vulnerabilidade social, além de estar associada a outros indicadores que permitem mensurá-la (ex. indicadores de educação). A identificação da vulnerabilidade em escala local permite elaborar produtos concretos e de alta aplicabilidade no enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Sistemas costeiros; Elevação do nível do mar; Escala local; Desigualdade social.

ABSTRACT

The sea-level rise resulting from climate change is changing the dynamics of the coastal systems, generating risk to the population who lives in low-lying coastal areas. The aim of this article was to generate a Social Vulnerability Index for the Lagoa da Conceição (Florianópolis/SC/Brazil). The adopted methodological approach used sociodemographic descriptors from the IBGE (population, households and income). Altogether 53.36% of the lagoon coast is between high to very high Social Vulnerability Index. The income descriptors were considered the most relevant, as it determines vulnerability. In addition, income is associated with other indicators that allow measuring social vulnerability (education indicators, for example). The identification of vulnerability at the local scale allows for the development of concrete to address the impacts of climate change.

Keywords: Coastal systems; Sea-level rise; Local scale; Social Inequality.

RESUMEN

El aumento del nivel del mar resultante del cambio climático está alterando la dinámica de los sistemas costeros, generando riesgos para la población que vive en zonas costeras bajas. El objetivo de este artículo fue generar un Índice de Vulnerabilidad Social para la Lagoa da Conceição (Florianópolis/SC/Brasil). El enfoque metodológico adoptado utilizó descriptores sociodemográficos del IBGE (población, hogares e ingresos). En total, el 53,36% de la costa tiene un Índice de Vulnerabilidad Social entre alto y muy alto. Los descriptores de renta se consideraron los más relevantes, ya que determinan la vulnerabilidad, además de estar asociados a otros indicadores que permiten medirla (indicadores de educación). La identificación de la vulnerabilidad a escala local permite desarrollar productos concretos y altamente aplicables para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Palabras clave: Sistemas costeros; Aumento del nivel del mar; Escala local; Desigualdad social.

1 - Introdução

A elevação do nível do mar é um dos perigos amplamente descritos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*) desde 1988, cujos efeitos atingem diretamente os municípios localizados nas zonas costeiras. No relatório do IPCC (2021) as previsões dos impactos decorrentes das alterações climáticas foram potencializadas, fortalecendo o debate sobre a resposta que a sociedade precisa dar para o enfrentamento dessa ameaça, bem como se reafirmou que grande parte da população mundial que vive em áreas costeiras está em situação de risco.

De acordo com o IPCC a elevação do nível do mar é uma das consequências do aumento dos Gases do Efeito Estufa (GEE) por ação antrópica, aliada a outras forçantes não antropogênicas. Conforme projeções do IPCC (2021) a progressiva elevação do nível médio do mar continuará durante o século XXI, provavelmente a um ritmo mais rápido do que o observado nas últimas quatro décadas. Em cenários mais otimistas, o nível médio do mar pode aumentar entre 0,26 m a 0,55 m até 2100, já de forma mais pessimista a variação

positiva poderá ficar entre 0,45 m e 0,82 m acima do nível médio do mar atual. Isto significa que 70% das linhas de costa passarão por uma mudança no nível do mar local, sendo mais crítico em áreas com baixa topografia.

No Brasil, a zona costeira não se encontra ocupada de forma contínua, existindo, todavia, diversos trechos amplamente antropizados, processo este estimulado pela expansão urbana voltada, sobretudo, ao turismo e à construção de “segundas residências” (Moraes, 2007). De acordo com o IBGE (2011) 45,6% dos municípios costeiros brasileiros apresentavam taxa de urbanização superior a 80% em 2010, além de quase 1/4 da população do país estar concentrada na zona costeira. Estes números tornam-se mais expressivos quando se destaca que a zona costeira representa apenas 4,3% do território nacional. Esse histórico de ocupação da zona costeira, aliado ao crescente aumento da população, faz com que os eventos extremos registrados atualmente gerem impactos mais evidentes, coincidindo com as previsões de intensificação dos danos decorrentes das mudanças climáticas (Bonetti; Woodroffe, 2017).

Desde 1988 já existe uma preocupação institucional com a zona costeira no Brasil, quando instituído naquele ano o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, através da Lei Nº 7.661 (Brasil, 1988), que disponibiliza ferramentas para o planejamento e a gestão da zona costeira, com municípios e estados devendo seguir as diretrizes definidas pelo plano (Diederichsen et al., 2013). A partir dos alertas sobre as mudanças climáticas, foi promulgada no Brasil, em 2009, a Lei Nº 12.187, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil, 2009). Dentre os vários objetivos desta lei está o de formular iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados das mudanças climáticas.

Cutter et al. (2003) destacam que os sistemas costeiros possuem elevada vulnerabilidade física e, por isso, as comunidades que são socialmente vulneráveis tendem a sofrer ainda mais com o impacto dos processos de inundação resultantes da variação positiva do nível mar. Nesta perspectiva, o IPCC (2021) reforça a necessidade de se compreender a extensão da vulnerabilidade social das comunidades em escala local, identificando-se assim as populações residentes que sofreriam mais com os impactos negativos associados aos eventos climáticos que ocorrem em diferentes escalas temporais.

A vulnerabilidade social pode ser definida como as desigualdades econômicas e demográficas que impedem uma pessoa ou comunidade em lidar com um determinado perigo, expondo-as

aos impactos por ele gerados (Adger, 1999; Cutter et al., 2003; Bonetti; Woodroffe, 2017). A estruturação de uma metodologia capaz de identificar a vulnerabilidade social vem sendo amplamente testada em vários lugares do mundo (Lima; Bonetti, 2020), sendo consagrado o emprego de Índices de Vulnerabilidade Social (IVSo). Estudos que aplicam esta abordagem propõem a identificação da vulnerabilidade social da população local para eventos de sobrelevação do nível do mar, que podem ocorrer em diferentes escalas temporais. Por um lado, destacam-se aqueles associados a eventos extremos que atuam em intervalos de horas e dias (Rudorff et al., 2014), como os analisados por Clark et al. (1998), Rygel et al. (2006), Lichter e Felsenstein (2012), Felsenstein e Lichter (2014), Lima e Bonetti (2018) e Serafim et al. (2019). Também são abundantes na literatura estudos com enfoque nas projeções de mudanças climáticas e de elevação do nível do mar propostos pelo IPCC (2021), como de Orencio e Fuji (2013); Guillard-Gonçalves et al. (2015); Su et al. (2015); Wu et al. (2016); Hadipour et al. (2020); Tasnuva et al. (2021); De Oliveira e Rehbein (2022) e Putiamini et al. (2022).

Índices de vulnerabilidade social buscam considerar três componentes, como aponta McCarthy (2001): exposição, suscetibilidade (que expressa à vulnerabilidade física) e a capacidade adaptativa da população. Os resultados que se obtêm são indicativos eficazes quanto à resiliência e o potencial de resposta imediata da população para fins de tomada de decisão por parte do poder público. Também permitem identificar e compreender os fatores econômicos, sociodemográficos e estruturais que amplificam a vulnerabilidade social, fomentando a elaboração de políticas e programas sociais para a sua minimização e mitigação.

Nguyen et al. (2017) discutem a necessidade de se compreender quais seriam os indicadores socioeconômicos e demográficos mais adequados para a construção de um IVSo, pois existem distintas condições que determinam uma efetiva vulnerabilidade. Por um lado, existem grupos que devido à sua condição econômica poderiam ser consideradas vulneráveis, mas que estão inseridos em uma estrutura de acolhimento comunitário que as tornam resilientes, ou seja, com maior capacidade adaptativa. O oposto pode ser verificado em situações nas quais a ausência do poder público na criação de infraestrutura e suporte voltados à gestão de desastres coloca em uma situação de maior vulnerabilidade grupos sociais que necessariamente se encontram em condições econômicas menos frágeis.

Tate (2012) e Hadipour et al. (2020) ressaltam que pesquisas com o objetivo de identificar os descritores de vulnerabilidade mais representativos adotam um procedimento similar no desenvolvimento dos índices, sendo estes: a) seleção de indicadores; b) normalização dos indicadores selecionados, bem como a atribuição de pesos distintos para as variáveis; e c) combinação dos indicadores segundo procedimentos baseados, em sua maior parte, na álgebra de mapas em Sistemas de Informação Geográfica. Apesar de sua ampla disseminação, é importante compreender que a estruturação de um IVSo é um processo complexo, devendo estar focado nas características espaciais particulares da área em que se pretende aplicar o índice.

Particularmente na fase de combinação dos indicadores, uma das estratégias utilizadas para a ponderação de variáveis é o chamado processo analítico hierárquico (AHP - *Analytic Hierarchy Process*). Na abordagem AHP são identificadas e calculadas as importâncias dos indicadores a partir de um modelo proposto originalmente por Saaty (1977) para a tomada de decisão frente a problemas complexos, e que obteve ampla aceitação em diversas áreas do conhecimento, incluindo estudos de caráter ambiental na zona costeira (Figueroa et al., 2020).

Nesse contexto, o principal objetivo deste artigo é propor um Índice de Vulnerabilidade Social para a Lagoa da Conceição, localizada no município de Florianópolis/Santa Catarina, através da abordagem AHP, amplamente utilizada no desenvolvimento de índices de vulnerabilidade costeira (Le Cozannet et al., 2013; Murali et al., 2013; Mahapatra et al., 2015; Nguyen; Woodroffe, 2015). Os cenários de mudanças climáticas propostos pelo IPCC (2014, 2021) reforçam a necessidade de estudos com esta temática. A partir de modelagem da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2024), que utilizou dados do IPCC, em Imbituba/SC, aproximadamente a 80 km em linha reta do sul da desembocadura da Lagoa da Conceição, as projeções para 2100 mostram que no cenário mais otimista e pessimista o nível do mar pode ficar 0,39 m e 0,81 m acima do atual, respectivamente.

A elaboração de um IVSo e sua posterior integração com variáveis estruturais (geomorfologia, altimetria) e de processos (maré, variação de nível) na elaboração de um Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) abrangente (Gornitz, 1991; Bonetti; Woodroffe, 2017), permitirão aos gestores públicos ter acesso a mais conhecimento e informação sobre a zona costeira, tópicos fundamentais para a gestão responsável da costa, como apontam

Diederichsen et. al (2013) ao realizarem um diagnóstico da gestão costeira no município de Florianópolis, Santa Catarina.

Na área de estudo, em particular, já existem tanto dados estruturais (Tomazolli et al., 2018) quanto de processo (De Oliveira; Bonetti, 2021), confirmando a importância do desenvolvimento de um Índice de Vulnerabilidade Social, a fim de futuramente estruturar um IVC que integre estes dados em escala local, como aqueles elaborados em outras partes do mundo nas pesquisas de Szlafsztein e Sterr (2007), Abuodha e Woodroffe (2010), Lins-de-Barros e Muehe (2013) e Ballesteros e Esteves (2021).

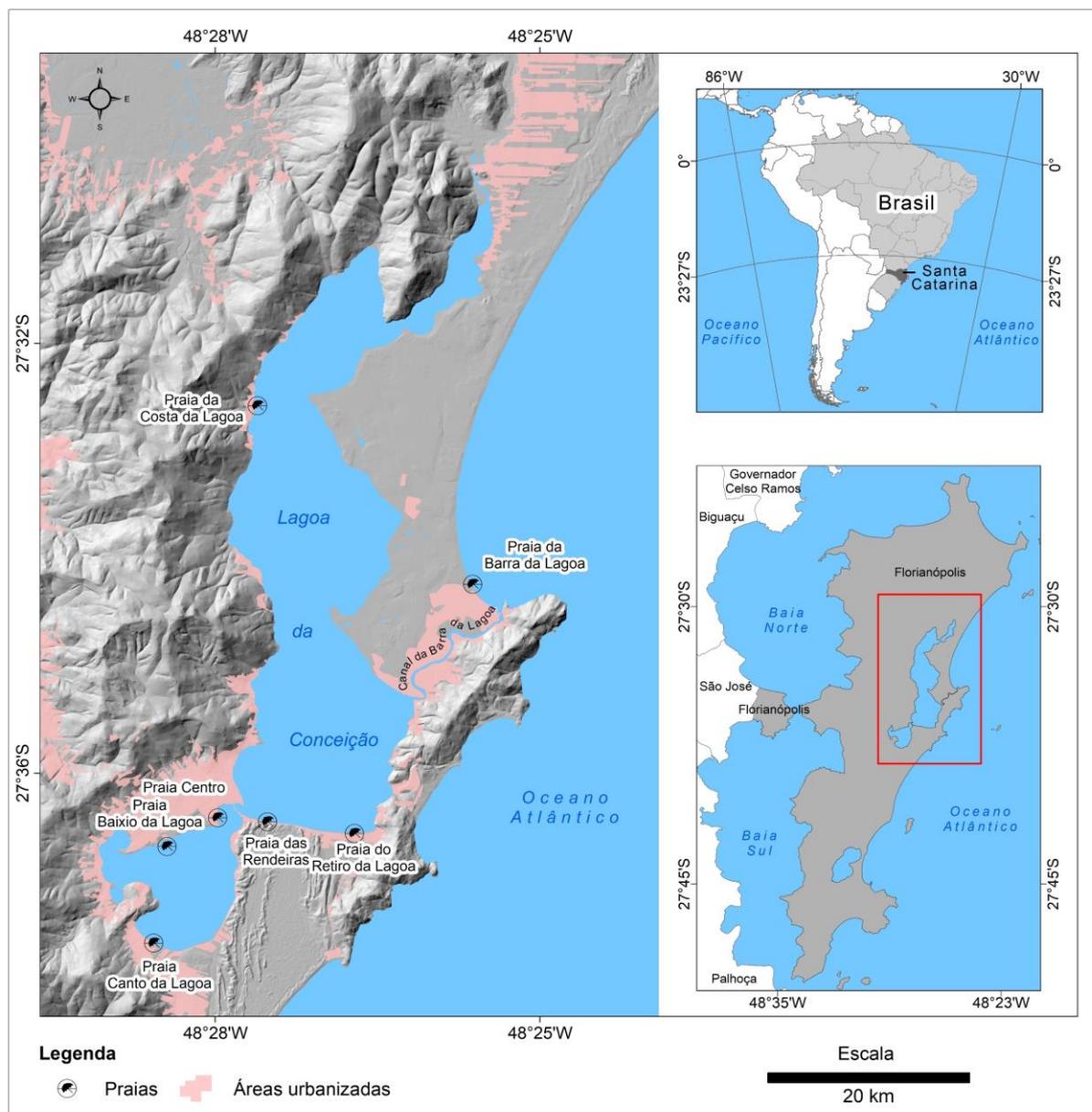
2 - Área de estudo

A Lagoa da Conceição (LC) é o corpo d'água de maior superfície na Ilha de Santa Catarina (estado de Santa Catarina, Brasil) e situa-se entre os paralelos 27°30' e 27°37' de Latitude Sul e entre os meridianos de 48°25' e 48°29' de Longitude Oeste (Figura 1). Fisiograficamente é uma laguna por possuir ligação com o Oceano Atlântico através do Canal da Barra da Lagoa, formando o sistema lagunar da Lagoa da Conceição (laguna e canal). A laguna ocupa uma área de 20,65 km², possui extensão de 13,5 km no sentido Norte-Sul, largura variável entre 0,15 e 2,5 km e profundidade média de 1,7 m com máxima de 8,9 m (De Oliveira; Bonetti, 2021). Sua forma alongada paralela à linha costeira é irregular e recortada por dunas e morros que formam três subsistemas (Muehe; Caruso Jr., 1999): subsistema Setor Sul (Lagoa de Baixo), subsistema Setor Central (Lagoa do Meio) e subsistema Setor Norte (Lagoa de Cima). Além destes subsistemas há também o Canal da Barra da Lagoa, um canal longo e estreito, com cerca de 2,5 km de extensão, com sua foz no Oceano Atlântico, na praia da Barra da Lagoa.

Devido às suas características cênicas, a Lagoa da Conceição é um importante ponto turístico da cidade de Florianópolis, concentrando em suas margens diversos equipamentos voltados à recreação, restaurantes, pousadas, residências permanentes e segundas moradias. Seus atrativos impulsionaram a ocupação de suas margens, sobretudo nas últimas décadas, tendo a população dos distritos municipais circundantes saltado de 8.547 habitantes em 1980 para 38.841 habitantes em 2010 de acordo com os censos demográficos do IBGE. Tal expansão, todavia, não se deu de modo regular ao redor da laguna em função de fatores históricos, relacionados à geomorfologia local e à presença de unidades de conservação. Salvo em alguns pontos com maior atrativo paisagístico na Costa da Lagoa, a referida expansão se concentrou

próxima a Praia do Centro, no subsistema sul da laguna, ao longo da Praia das Rendeiras e do Canal da Barra da Lagoa, além da planície costeira situada no limite norte da bacia hidrográfica, em trechos afastados do corpo lagunar.

Figura 1. Lagoa da Conceição em Florianópolis/Santa Catarina.



Fonte: IBGE (2024). Elaboração: os autores.

3 – Materiais e Métodos

Fonte de dados

A caracterização demográfica e domiciliar são requisitos necessários para identificar como ocorre a distribuição da população, assim como a infraestrutura dos domicílios existentes em

uma determinada área. Utilizando metodologia específica para o cruzamento de descritores relacionados a estes tópicos é possível estruturar um índice que mensure a vulnerabilidade social aos potenciais impactos da elevação do nível do mar. Para isso, a principal base de dados existente no Brasil está disponível no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através do Censo Demográfico. Seu objetivo é determinar o número de habitantes do território nacional, identificando complementarmente diversos aspectos que os caracterizam.

O Censo Demográfico é realizado a cada década desde 1940. Em 2020 a série histórica não sofreu continuidade, e apenas em 2022 foi realizado um novo censo. Entretanto, ainda não foram disponibilizados os resultados do universo (apenas resultados preliminares), sendo o último levantamento disponível referente a 2010. Com isso, os dados utilizados neste artigo fazem parte do censo de 2010, com informações disponibilizadas para os setores censitários, considerados a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural do país (IBGE, 2011), e disponíveis em IBGE – Estatísticas (<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>).

Crítérios na elaboração do Índice de Vulnerabilidade Social

Existem diversos descritores disponibilizados pelo IBGE para análise da condição sociodemográfica da população, sendo necessário definir um critério para se escolher quais serão utilizadas na construção do Índice de Vulnerabilidade Social (IVSo). Cutter (1996) e Cutter et al. (2000) elencaram aspectos que auxiliam na compreensão do que torna uma determinada parcela da sociedade mais propensa a sofrer os impactos decorrentes da ação de perigo natural, e assim auxiliar na determinação da vulnerabilidade social. Dentre as diversos descritores utilizados em trabalhos publicados sobre IVSo destacam-se os seguintes: número total de habitantes, número de residências, número de pessoas com acesso diferenciado aos recursos que visam a mitigação e reparação dos efeitos negativos e maior susceptibilidade devido à condição física (faixas etárias específicas, como menores de 5 anos, até 18 anos e acima de 65 anos), além da renda familiar, que define as condições econômicas específicas (Cutter et al., 2000; Yoon, 2012; Felsenstein; Lichter, 2014; Zhou et al., 2014; Lima; Bonetti, 2020).

Tendo por base os trabalhos mencionados e a disponibilidade de dados censitários, os indicadores definidos para a elaboração do IVSo proposto neste artigo foram: população residente total; domicílios particulares permanentes; média de moradores nos domicílios

particulares permanentes; renda domiciliar média per capita no domicílio particular permanente; porcentagem de domicílios com renda domiciliar entre 1/2 e 1/4 de salário-mínimo e porcentagem de domicílios com renda domiciliar entre 1/4 e 1/8 de salário-mínimo.

Estruturação da base cartográfica e Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social

Após a seleção dos descritores a próxima etapa consistiu na estruturação da base cartográfica a ser utilizada em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que permitisse associar cada informação por setor censitário (dados não espaciais - tabulares) à sua representação espacial (dados espaciais). Para isso, foi utilizada a plataforma ArcGIS, que permite criar e gerenciar dados geográficos, além de criar mapas para análise das informações.

A base cartográfica com os dados espaciais que representam todos os setores censitários da área de estudo em formato vetorial (polígonos) foi obtida no site do IBGE, estando disponível em IBGE – Geociências (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>). Para determinar quais seriam os setores censitários utilizados na pesquisa primeiramente foram identificados quais distritos estavam localizados na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição (BHLC). Os distritos na área de estudo são: Barra da Lagoa, Lagoa da Conceição e São João do Rio vermelho. Após foi calculada a extensão da linha de costa da Lagoa da Conceição e do Canal da Barra da Lagoa, que totalizou 51,08 km.

Analisando os setores censitários que ocorrem na BHLC constatou-se as seguintes situações: 1) nem todos são fronteiros com a LC; 2) alguns possuem reduzida área de contato com a margem da LC; e 3) a área de alguns setores é muito grande, porém apresenta baixa intersecção com a LC. Por esta razão, foram adotadas as seguintes estratégias para a seleção e edição dos setores censitários: 1) apenas setores censitários que possuem limites convergentes com a margem da LC foram selecionados; e 2) a representação das variáveis foi realizada através da feição geométrica linha e não polígono, como são os setores censitários.

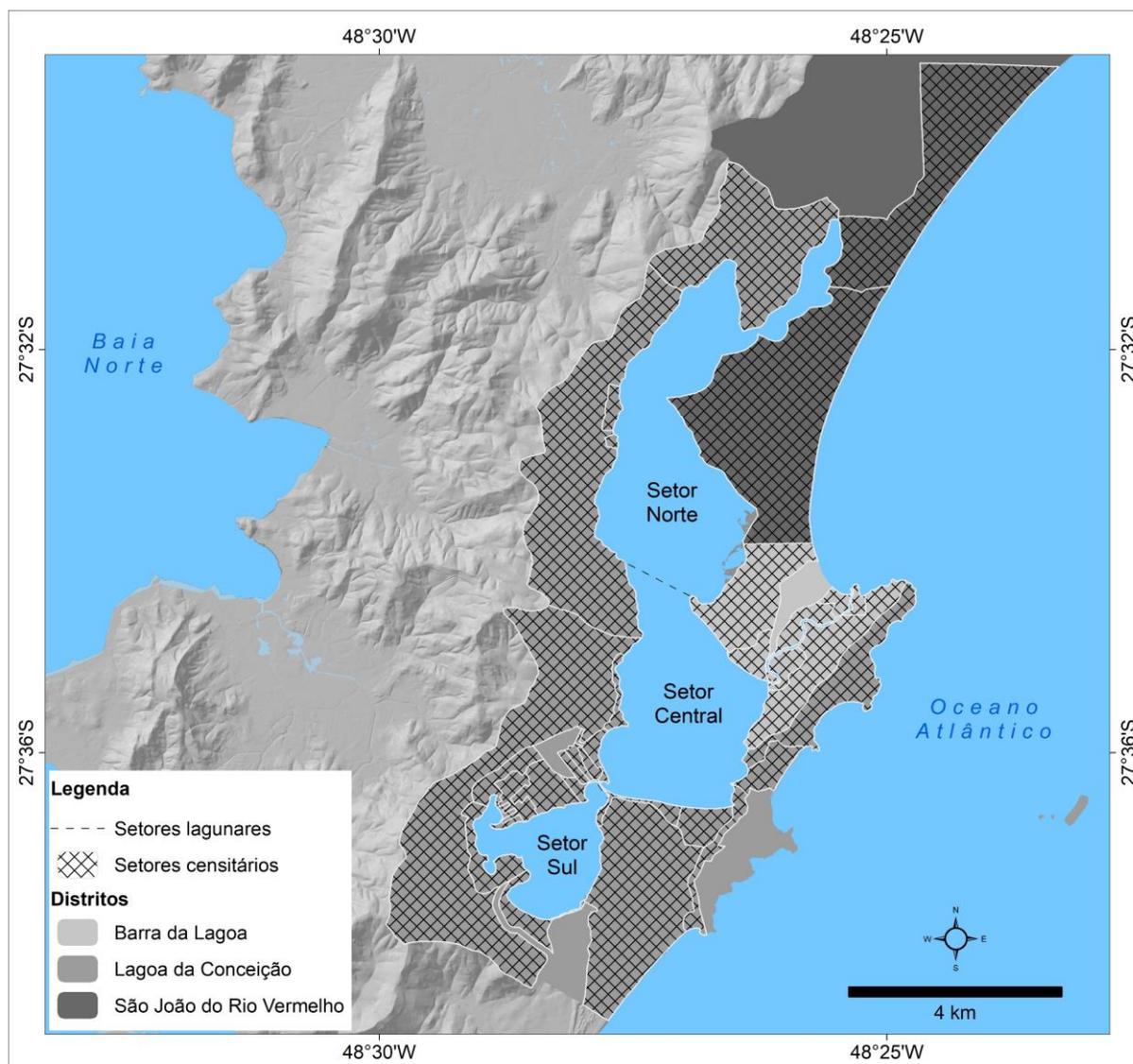
A decisão de utilizar a feição linha ao invés do polígono do setor censitário surgiu a partir da proposta de Serafim et al. (2019), que identificaram que os polígonos dos setores censitários costeiros do estado de Santa Catarina, por apresentarem diferentes áreas e formatos, resultavam em distorções nos valores da propriedade quando possuíam pequena extensão de linha de costa. A fim de minimizar esse efeito, agravado quando a área dos polígonos aumentava em direção aos trechos interiores, os autores propuseram um reescalonamento dos valores originais aplicando a equação (1):

$$Y = X/(a*b) \quad (1)$$

onde Y = valor da variável ajustado, X = valor original da variável, a = comprimento do setor censitário em contato com a linha de costa (metros) e b = área total do setor censitário.

Com isso, foram identificados 27 setores censitários localizados na BHLC e que possuem contato com a linha de costa do sistema lagunar. Ao todo, 7 setores censitários estão localizados na Barra da Lagoa, 18 na Lagoa da Conceição e 2 em São João do Rio Vermelho. A figura 2 mostra os distritos identificados na área de estudo, bem como os setores censitários utilizados para o cálculo do IVSo.

Figura 2. Setores censitários por distrito utilizados no cálculo do IVSo.



Fonte: IBGE (2012). Elaboração: os autores.

Após a estruturação da base cartográfica e a aplicação da transformação para cada descritor, foi calculado o Índice de Vulnerabilidade Social (IVSo). O método utilizado foi o de combinação linear ponderada (rotina MCE – *Multi-Criteria Evaluation*) do conjunto de apoio à decisão disponível no programa Idrisi Selva (Clark University), mais especificamente a técnica *Analytical Hierarchy Process* (AHP), desenvolvida por Saaty (1977). A AHP é muito utilizada na criação de índices de vulnerabilidade, como discutido nos trabalhos de Le Cozannet et al. (2013), Murali et al. (2013), Mahapatra et al. (2015) e Nguyen e Woodroffe (2015). Esta técnica se baseia na construção de uma matriz de comparação de cada variável com todas as demais de modo pareado, permitindo a atribuição de um valor de importância relativa.

Após a aplicação dessas rotinas os dados foram padronizados. Para isso utilizou-se o módulo *Stretch* do programa Idrisi Selva, com os dados sendo redistribuídos para o intervalo de valor entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 0, menos vulnerável será o segmento de linha representativo do setor censitário e quanto mais próximo de 1, maior sua vulnerabilidade. De forma linear, aos valores de 0 a 0,2 foi atribuída vulnerabilidade muito baixa; de 0,21 a 0,4 vulnerabilidade baixa; de 0,41 a 0,6 vulnerabilidade intermediária; de 0,61 a 0,8 vulnerabilidade alta; e de 0,81 a 1 vulnerabilidade muito alta.

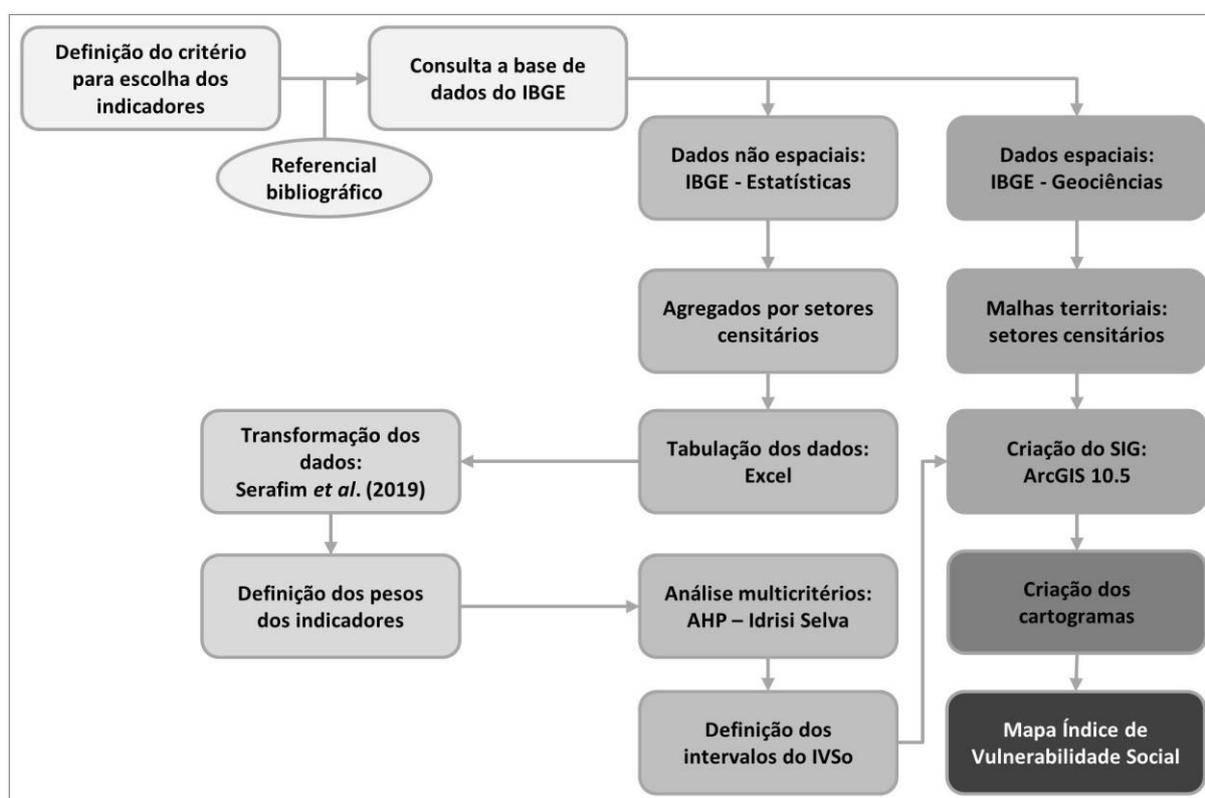
Os pesos atribuídos para cada descritor a partir da matriz de comparação pareada estão listados na Tabela 1, com maiores pesos atribuídos aos descritores relacionados à renda. Cutter et al. (2000) discutem que a renda é o principal determinante da vulnerabilidade social, assim como Roncancio e Nardocci (2016), ao argumentarem que ela está associada a outros indicadores que permitem mensurar a vulnerabilidade social. Domicílios em que a renda é inferior a um salário-mínimo demonstram a vulnerabilidade social das pessoas, pois são domicílios em que o somatório de todas as rendas dos residentes não chega ao salário-mínimo definido pelo governo. A abordagem metodológica para criação do IVSo está descrita no fluxograma da Figura 3.

Tabela 1. Peso calculado para cada descritor na análise do IVSo.

Variáveis	Pesos
Renda Domiciliar	0,1095
% de domicílios com renda de até 1/2	0,2915
% de domicílios com renda de até 1/4	0,3924
População residente	0,0579
Domicílios permanentes	0,0392
Média de Moradores	0,1095

Fonte: os autores.

Figura 3. Fluxograma metodológico para determinação do IVSo.



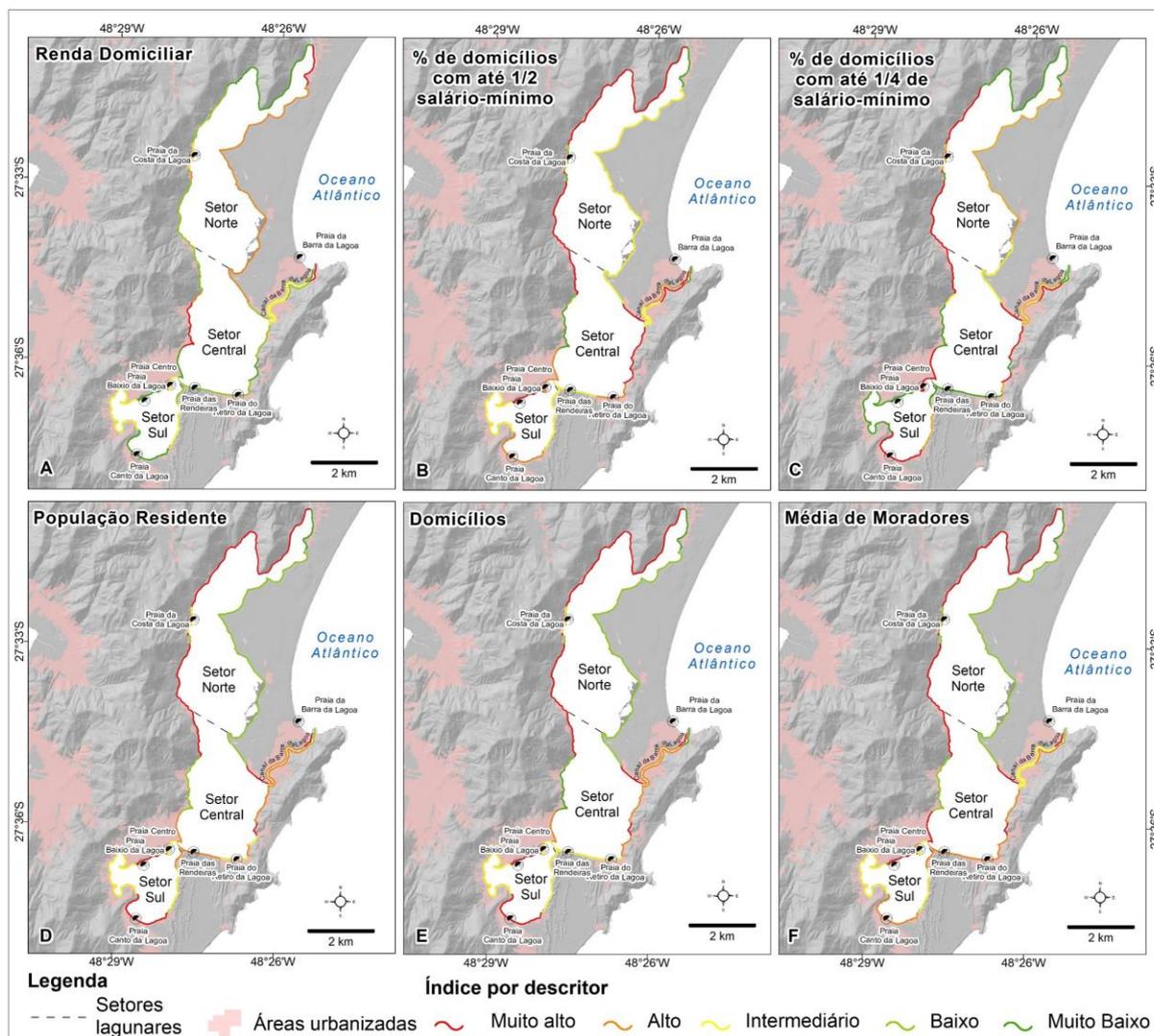
Fonte: os autores.

4 – Resultados e discussão

Analisando o rendimento médio per capita dos domicílios, constatou-se que em média os domicílios tinham uma renda de R\$ 2.357,00, com valores mais baixos e altos localizados no distrito da Lagoa da Conceição (R\$ 1.688,47 e R\$ 9.758,51, respectivamente), que corresponde, aproximadamente, aos setores Central a Sul do sistema lagunar. Foram observados apenas 3 segmentos de linha de costa com vulnerabilidade muito alta para este

descriptor (nenhum no Setor Sul lagunar), enquanto que seis registraram vulnerabilidade muito baixa. Destacam-se, com valores mais elevados de rendimento médio per capita, os domicílios localizados no Setor Sul, Setor Central (Praia das Rendeiras) e Canal da Barra da Lagoa (Figura 4A).

Figura 4. Índice de vulnerabilidade por descritores.



Fonte: os autores.

Quanto à porcentagem de domicílios por faixa salarial, foi possível verificar forte desigualdade entre renda média per capita e faixa salarial domiciliar. A faixa salarial que possuía o maior número de domicílios era a de 1 a 2 salários-mínimos, sendo que em 2010 o salário-mínimo era de R\$ 510,00. Esta situação ocorreu nos domicílios localizados em todos os setores da área de estudo. Analisando a porcentagem de domicílios que possuíam faixa salarial de 1/2 e até 1/4 de salário mínimo, e que por isso caracterizam domicílios com

insuficiência de renda, foi possível constatar que todos os setores da área de estudo possuíam distribuição desigual de renda (Figura 4A).

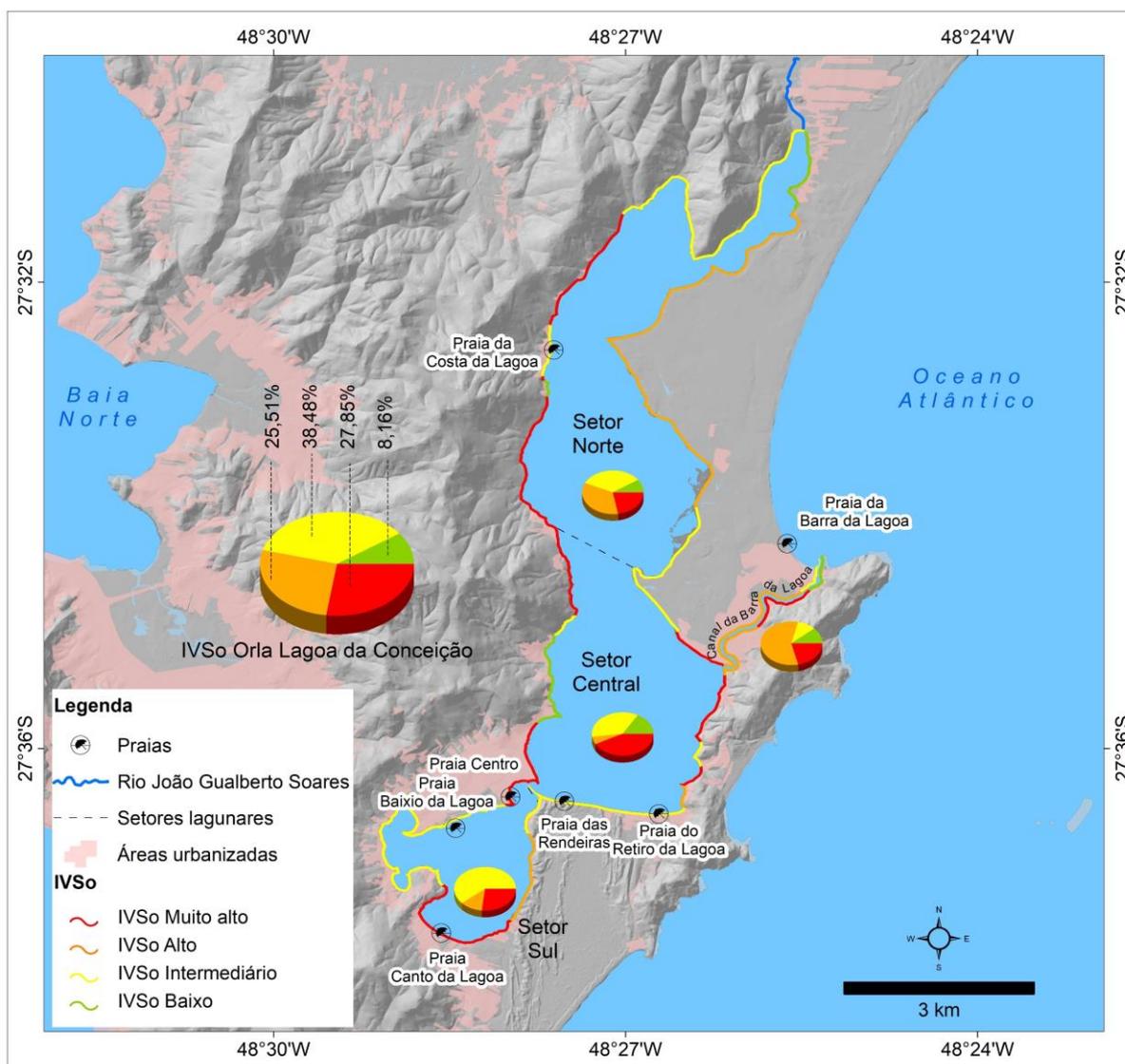
Nas figuras 4B e 4C é possível identificar a existência de trechos da costa do sistema lagunar que possuem índices muito altos referentes à porcentagem de domicílios com menos de 1 salário-mínimo, representados pelas linhas vermelhas. No Canal da Barra da Lagoa está o trecho de costa com maior porcentagem de domicílios com renda entre 1/2 e até 1/4 de salário-mínimo (14,88%). No distrito Lagoa da Conceição também existem trechos com índice muito alto de domicílios com renda entre 1/2 e até 1/4 de salário-mínimo, e apenas em São João do Rio Vermelho é que esta situação não é observada. Agrupando estas porcentagens de domicílios com baixa renda mais a média de moradores em domicílios, a vulnerabilidade social tende a ser potencializada, pois a capacidade de resposta desta população frente ao risco de elevação do nível do mar tende a ser menor, o que evidencia sua maior vulnerabilidade social (Figuras 4B e 4C).

Roncancio e Nardocci (2016) destacam que a renda influencia em outros indicadores que mensuram a vulnerabilidade social, com Winter et al. (2019) destacando que a baixa renda influencia na escolarização. Baixa escolarização e taxas de analfabetismo dificultam a ação de políticas de educação ambiental formal e não formal, e com isso programas e projetos que procuram combater a desinformação sobre os efeitos das mudanças climáticas, podem ser prejudicados, inviabilizando o desenvolvimento de habilidades para perceber riscos e vulnerabilidades socioambientais.

Os outros descritores selecionados como indicadores da vulnerabilidade social (população residente, número de domicílios permanentes e média de moradores) possuem caráter demográfico. Ao todo existiam 12.822 pessoas nos setores censitários em contato com a orla da LC, residindo em 6.830 domicílios, com uma média de moradores de 2,73 por domicílio. O Setor Sul lagunar foi o único que não registrou características de vulnerabilidade muito baixa e baixa para estes descritores. O Setor Norte lagunar, ao longo da margem oeste, registrou em sua maior parte índices de vulnerabilidade muito alta nestes descritores, e o Canal da Barra da Lagoa em sua maior parte uma vulnerabilidade alta, a exceção no descritor média de moradores. No Setor Central lagunar destaque para a Praia das Rendeiras, com índices entre intermediário a alto (Figuras 4D, 4E e 4F).

A distribuição espacial das classes de vulnerabilidade social e os gráficos com suas porcentagens gerais e por setores do sistema lagunar são apresentados na Figura 5. A aplicação do IVSo mostrou que nenhum trecho da costa lagunar possui vulnerabilidade social muito baixa. A maior parte da área de estudo apresentou vulnerabilidade social intermediária (38,48%). Entretanto, quando são somados os segmentos da linha de costa com vulnerabilidade social alta e muito alta a porcentagem é de 53,36% (25,51% e 27,85%, respectivamente). Com vulnerabilidade social baixa estão 8,16% da costa. Entre os setores lagunares, o Central é o que possui maior porcentagem da costa em situação de vulnerabilidade social muito alta, com 43,7%, enquanto o Setor Sul é o único que não registrou vulnerabilidade social baixa.

Figura 5. IVSo para a orla da Lagoa da Conceição.



O Setor Canal da Barra da Lagoa possui mais da metade da linha de costa com vulnerabilidade social alta, totalizando 58,79%. Somando a esta porcentagem a vulnerabilidade muito alta, que é de 20,48%, é o setor mais crítico da área de estudo, com 79,27% em situação de vulnerabilidade alta ou maior. O Setor Central, além dos 43,7% de vulnerabilidade social muito alta também possui 4,59% de vulnerabilidade alta, totalizando 48,29% do setor com vulnerabilidade social acima de alta. Ao longo da praia das Rendeiras e do Retiro da Lagoa, duas das áreas com maior urbanização deste setor, o IVSo é intermediário.

O Setor Norte é outro setor em que mais da metade da linha de costa possui vulnerabilidade social acima de alta (55,64%). Com vulnerabilidade muito alta e alta estão 21,50% e 34,14% da área, respectivamente. Próximo à localidade da Costa da Lagoa o IVSo é intermediário. O Setor Sul, além de ser o único sem vulnerabilidade social baixa, também é o único em que mais da metade não possui vulnerabilidade social acima de alta. Ao todo, 59,65% desse trecho possui vulnerabilidade social intermediária. Com vulnerabilidade alta e muito alta estão 13,32% e 27,03%, respectivamente, totalizando 40,35% do setor. Ao longo da Praia Centro e do Canto da Lagoa o IVSo é muito alto. Os setores que apresentaram vulnerabilidade social baixa registraram pouca porcentagem de linha de costa com esta condição. O Setor Norte foi o que apresentou menores valores, com 7,99%. O Canal da Barra da Lagoa registrou 9,95%, e o Setor Central foi o que apresentou a maior porcentagem com vulnerabilidade social baixa, 15,11%.

A caracterização da vulnerabilidade social a partir da construção de um índice que a represente tem como objetivo primário gerar elementos de suporte à decisão, pois o reconhecimento da potencial repercussão de um perigo para uma determinada população permite criar políticas preventivas e/ou mitigadoras (Gall, 2007). Para tal, existem diversas alternativas metodológicas que podem ser empregadas em várias escalas espaciais (Nguyen et al., 2016), sendo que muitas priorizam a componente biofísica da vulnerabilidade. De modo complementar, a avaliação específica das características da população fornece elementos de fundamental relevância para a avaliação mais abrangente dos efeitos das mudanças climáticas (Adger, 1999; Bjarnadottir et al., 2011; Singleton; Spielman, 2013).

É necessário destacar, todavia, que a consideração da componente escalar da análise é fundamental para uma adequada interpretação dos resultados da aplicação de índices, pois

estes apresentam valores comparativos entre os elementos presentes em todo o recorte espacial investigado (Bonetti; Woodroffe, 2017). Por exemplo, em escala nacional, Costa e Marguti (2015) utilizaram indicadores estruturados em três dimensões (infraestrutura urbana; capital humano; e renda e trabalho), identificando que Florianópolis estava na faixa de baixa vulnerabilidade social. Hummell et al. (2016), que igualmente analisaram dados de todo o país, também identificaram que Florianópolis possuía baixa vulnerabilidade social, pois localmente as atividades econômicas são diversificadas, além de possuir alto desenvolvimento em infraestrutura. Essas pesquisas são importantes para compreender a posição de Florianópolis num contexto regional, com vistas ao planejamento e gestão territorial em escala mais abrangente.

Já Nicolodi e Pettermann (2010), também em um estudo nacional, indicam que a área correspondente a Florianópolis está inserida num contexto de alta a média vulnerabilidade, com base em uma análise que agrupou indicadores de risco natural, social e tecnológico. A explicação para esta classificação estaria no alto adensamento urbano localizado em cotas altimétricas inferiores a 10 m. Para determinar o fator risco social na pesquisa citada, os autores utilizaram como dado de fundo o nível de renda em função da parcela da população que recebe até 3 (três) salários-mínimos, considerando os resultados do Censo Demográfico do IBGE por distritos no ano de 2000.

Com escala espacial mais próxima à utilizada neste artigo, Lima e Bonetti (2018) analisaram a vulnerabilidade social para o município de Florianópolis. Neste estudo foi comprovada uma efetiva variabilidade na distribuição espacial da vulnerabilidade quando a análise prioriza a escala municipal, não detectável a nível nacional. Para os distritos que circundam a Lagoa da Conceição (Lagoa da Conceição, Barra da Lagoa e São João do Rio Vermelho), todavia, foram reconhecidos pelos autores setores censitários com vulnerabilidades sociais semelhantes. Na Praia do Centro foi obtido um valor de IVSo muito alto, bem como intermediário na praia das Rendeiras e no Retiro da Lagoa.

Hinkel (2011) e IPCC (2021) argumentam sobre a necessidade de se compreender a vulnerabilidade social das comunidades em escala local, foco deste artigo, permitindo assim identificar as populações residentes que sofreriam mais com os impactos negativos gerados pelos eventos climáticos de longo prazo. Neste sentido, para políticas públicas municipais a

utilização de dados por setores censitários permite compreender melhor a situação local, bem como a existência de desigualdades econômicas e demográficas.

O potencial da aplicabilidade de análises desenvolvidas em escala de detalhe é inegavelmente importante para gestores públicos, mas Eakin e Luers (2006) destacam que a diversidade de abordagens metodológicas é necessária no estudo da vulnerabilidade, mesmo que em escalas espaciais diferentes. A complexidade do conceito e as diversas metodologias já propostas permite que se estabeleçam conexões entre as pesquisas, permitindo que se façam complementações e ajustes nos procedimentos analíticos de modo a se obter um contínuo avanço nas estratégias de representação da vulnerabilidade social. Ainda assim, para Koks et al. (2015), a gestão dos riscos de inundação deve ser definida e aplicada a partir das características socioeconômicas locais, pois estudos regionais tendem a homogeneizar áreas de menor superfície quando se busca quantificar e caracterizar uma parcela da população. Assim, a utilização de dados por setor censitário, ou até mesmo em maior detalhe, não disponíveis publicamente no Brasil, permite uma maior eficácia na representação da vulnerabilidade social e na proposição de planos estratégicos para prevenir e reduzir danos.

5 – Considerações finais

Desde os primeiros estudos desenvolvidos pelo IPCC sobre mudanças climáticas e seus efeitos na oscilação positiva do nível do mar várias pesquisas foram realizadas visando mapear a vulnerabilidade social da população residente na zona costeira. Neste artigo, a vulnerabilidade social foi determinada usando técnicas de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, prática amplamente difundida na literatura. A escolha dos indicadores sociais baseados em dados espaciais sociodemográficos, bem como o método de integração de variáveis proposto neste artigo, permitiram a definição de um IVSo para a área de estudo.

Nenhum segmento da costa lagunar investigada foi classificado com vulnerabilidade muito baixa. Ao todo 53,36% da costa do sistema lagunar possui vulnerabilidade social acima de alta (25,51% alta e 27,85% muito alta), enquanto 8,16% registraram IVSo baixo. Os indicadores relacionados à renda foram escolhidos como os de maior peso para determinar a vulnerabilidade social comparativamente aos demográficos, o que corrobora com as referências bibliográficas sobre o tema, pois a renda é considerada o principal determinante da

vulnerabilidade social, além de ser indicativa de outros descritores que permitem mensurar a vulnerabilidade.

Ainda sobre a renda, foi possível identificar uma heterogeneidade em sua distribuição ao longo da área de estudo. Existia em 2010 um número considerável de domicílios com renda equivalente a um salário-mínimo ou inferior, bem como outros em que o rendimento domiciliar médio per capita era alto. Logo, a pesquisa em escala local mostrou ser importante para compreender estas desigualdades, que tendem a serem homogeneizadas quando o estudo é realizado em escala regional e/ou nacional. Entretanto, é necessário reforçar que pesquisas em escalas regionais e/ou nacionais também são importantes, uma vez que permitem o desenvolvimento e aplicação de políticas públicas para o desenvolvimento regional. Neste sentido, o desenvolvimento de estratégias multiescalares para investigação da vulnerabilidade social constitui um importante desenvolvimento metodológico a ser implementado.

A partir do IVSo desenvolvido neste artigo será possível integrar outras camadas de informações numa análise da vulnerabilidade costeira mais abrangente. Os cenários de mudanças climáticas propostos pelo IPCC, e suas previsões de elevação do nível do mar, reforçam a necessidade de estudos com esta temática, integrando o IVSo com variáveis estruturais (geomorfologia, altimetria) e de processos (maré, variação de nível) na elaboração de um Índice de Vulnerabilidade Costeira. Com isso, será possível observar se as áreas com maior vulnerabilidade social também são aquelas com maior vulnerabilidade física, e conseqüentemente com maior risco de inundação (áreas com baixas cotas altimétrica e maior variação de nível lagunar). A integração deste conjunto de informações viabiliza a estruturação de instrumentos de gestão para a zona costeira, fundamentais na elaboração de políticas públicas.

Por fim, destaca-se que é fundamental a manutenção das séries históricas do IBGE através da elaboração do Censo Demográfico a cada década. Os dados utilizados neste artigo são de 2010 e é importante examinar como a vulnerabilidade social medida pelo IVSo oscilou ao longo do tempo. Séries históricas atualizadas possibilitam compreender a dimensão dessa problemática no país, desde a escala local, foco deste artigo, até a escala regional e nacional.

Referências

ABUODHA, P. A. O.; WOODROFFE, C. D. **Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia**. *Journal of Coastal Conservation*, v.14, p.189–205, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11852-010-0097-0>

ADGER, W. N. **Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam**. *World Development*, v.27, n.2, p. 249–269, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00136-3)

BALLESTEROS, C., ESTEVES, L. S. **Integrated Assessment of Coastal Exposure and Social Vulnerability to Coastal Hazards in East Africa**. *Estuaries and Coasts*, v.44, p. 2056–2072, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12237-021-00930-5>

BJARNADOTTIR, S.; LI, Y.; STEWART, M.G. **Social vulnerability index for coastal communities at risk to hurricane hazard and a changing climate**. *Natural Hazards*, v.59, p. 1055 -1075, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9817-5>

BONETTI, J.; WOODROFFE, C.D. **Spatial analysis techniques and methodological approaches for coastal vulnerability assessment**. In: Bartlett D, Celliers L (eds) *Geoinformatics for marine and coastal management*. CRC Press, Boca Raton, p. 367–395, 2017.

BRASIL. Lei Nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17661.htm> Acesso em: 27 de out. 2021.

BRASIL. Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima. *Diário Oficial da União: Edição Extra*, Brasília, DF, p. 109 - 110, 29 dez. 2009. ISSN 1677-7042

CLARK, G. E.; MOSER, S. C.; RATICK, S. J. et al. **Assessing the Vulnerability of Coastal Communities to Extreme Storms: The Case of Revere, MA., USA**. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 3, p. 59–82, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009609710795>

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília/ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 77 p. 2015.

CUTTER, S. L. **Vulnerability to environmental hazards**. *Progress in Human Geography*, v.20, p. 529–539, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>

CUTTER, S. L.; MITCHELL, J. T.; SCOTT, M. S. **Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina**. *Annals of the Association of American Geographers*, v.90, n.4, p.713–737, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00219>

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. **Social vulnerability to environmental hazards**. *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>

DE OLIVEIRA, A. O.; BONETTI, J. **Dynamical descriptors of physical vulnerability to sea-level rise in sheltered coastal systems: A methodological framework**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 249, 107118, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107118>

DE OLIVEIRA, A.O.; REHBEIN, M. O. **Mudanças climáticas e vulnerabilidade social no litoral lagunar do Rio Grande do Sul: mapeamento de Índice de Vulnerabilidade Social para a orla municipal de Pelotas/RS**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), [S. l.], v. 26, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2022.192343>

DIEDERICHSEN, S. D.; GEMAEL, K. M.; HERNANDEZ, A. O.; DE OLIVEIRA, A. O.; PAQUETTE, M.; SCHMIDT, A. D.; SILVA, P.G.; SILVA, M. S.; SCHERER, M.E.G. **Gestão costeira no município de Florianópolis, SC, Brasil: Um diagnóstico**. Revista de Gestão Costeira Integrada, v.13, n. 4, p. 499-512, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5894/rgci425>

EAKIN, H.; LUERS, A. L. **Assessing the vulnerability of social environmental systems**. Annual Review of Environment and Resources, v.31, p. 365–394, 2006. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>

FELSENSTEIN, D.; LICHTER, M. **Social and economic vulnerability of coastal communities to sea-level rise and extreme flooding**. Natural Hazards, v.71, p. 463–491, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0929-y>

FIGUEROA, A. C.; LIMA, A.; SCHERER, M. E. G.; BONETTI, J. **How to choose the best category for a protected area? A multicriteria analysis method based on ecosystem services conservation**. Environmental Monitoring and Assessment, v.192, 416, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08333-y>

GALL, M. **Indices of social vulnerability to natural hazards: a comparative evaluation**. 250 f. Thesis of Doctor of Philosophy, Department of Geography, University of South Carolina, USA. 2007.

GORNITZ, V. **Global coastal hazards from future sea level rise**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v.89, p. 379–398, 1991. DOI: [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90173-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90173-O)

GUILLARD-GONÇALVES, C.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T.; ZÊZERE, J. L. **Application of Social Vulnerability Index (SoVI) and delineation of natural risk zones in Greater Lisbon, Portugal**. Journal of Risk Research, v.18, n.5, p. 651–674, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2014.910689>

HADIPOUR, V.; VAFAIE, F.; KERLE, N. **An indicator-based approach to assess social vulnerability of coastal areas to sea-level rise and flooding: A case study of Bandar Abbas city, Iran**. Ocean and Coastal Management, v.188, 105077, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105077>

HINKEL, J. **Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science–policy interface**. *Global Environmental Change*, v.21, n.1, p. 198-208, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>

HUMMELL, B. M. L.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. **Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil**. *International Journal of Disaster Risk Science*, v.7, p. 111–122, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro, RJ. 237p. 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha de setores censitários de 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 de março de 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha municipal de 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

IPCC, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J. B. R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. 2021.

KOKS, E.E.; JONGMAN, B.; HUSBY, T.G.; BOTZEN, W.J.W. **Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management**. *Environment Science Policy*, v.47, p. 42–52, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.013>

LE COZANNET, G.; GARCIN, M.; BULTEAU, T.; MIRGON, C.; YATES, M.L.; MENDEZ, M.; BAILLS, A.; IDIER, D.; OLIVEROS, C. **An AHP-derived method for mapping the physical vulnerability of coastal areas at regional scales**. *Natural Hazards Earth System Science*, v.13, p. 1209–1227, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1209-2013>

LICHTER, M.; FELSENSTEIN, D. **Assessing the costs of sea-level rise and extreme flooding at the local level: A GIS-based approach**. *Ocean and Coastal Management*, v.59, p. 47-62, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.12.020>

LIMA, C. O.; BONETTI, J. **Proposta metodológica para adequação das informações do Censo Demográfico do IBGE na análise da vulnerabilidade social a eventos extremos na zona costeira**. *Revista Brasileira de Geografia*, v.63, n.2, p. 122 – 140, 2018. DOI: https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2018_n2_122-140

LIMA, C. O.; BONETTI, J. **Bibliometric analysis of the scientific production on coastal communities' social vulnerability to climate change and to the impact of extreme events**. *Natural Hazards*, v.102, n.3, p. 1589-1610, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03974-1>

LINS-DE-BARROS, F.M.; MUEHE, D. **The smartline approach to coastal vulnerability and social risk assessment applied to a segment of the east coast of Rio de Janeiro State, Brazil.** *Journal of Coastal Conservation*, v.17, p. 211-223, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0175-y>

McCARTHY, J. J. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press. 2001.

MORAES, A.C.R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do Litoral Brasileiro.** São Paulo: Annablume, 232 p. 2007.

MUEHE, D.; CARUSO Jr, F. Batimetria e Algumas Considerações Sobre a Evolução Geológica da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina. In: SIERRA DE LEDO, B. (Ed.), **O Ecossistema da Lagoa da Conceição.** Governo do Estado de Santa Catarina, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Fundo Especial de Proteção ao Meio Ambiente, Florianópolis. p. 15–24, 1999.

MAHAPATRA, M.; RAMAKRISHNAN, R.; RAJAWAT, A. S. **Coastal vulnerability assessment using analytical hierarchical process for South Gujarat coast, India.** *Natural Hazards*, v.76, p. 139–159, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1491-y>

MURALI, R. M.; ANKITA, M.; AMRITA, S.; VETHAMONY, P. **Coastal vulnerability assessment of Puducherry coast, India using analytical hierarchical process.** *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, v.1, n.2, p. 509 -559, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3291-2013>

NASA. *National Aeronautics and Space Administration. Sea level projection tool.* Disponível em: <<https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>>. Acesso em: 10 de setembro de 2024.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. **Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos.** *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v.10, n.2, p. 3-29, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5894/rgci206>

NGUYEN, C. V.; HORNE, R.; FIEN, J.; CHEONG, F. **Assessment of social vulnerability to climate change at the local scale: development and application of a Social Vulnerability Index.** *Climate Change*, v.143, n.3–4, p. 355–370, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2012-2>

NGUYEN, T. T. X.; WOODROFFE, C. D. **Assessing relative vulnerability to sea-level rise in the western part of the Mekong River Delta in Vietnam.** *Sustainability Science*, v.11, p. 645-659, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-015-0336-2>

NGUYEN, T. T. X.; BONETTI, J.; ROGERS, K.; WOODROFFE, C. D. **Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: a review of concepts, approaches and vulnerability indices.** *Ocean and Coastal Management*, 123:18-43. ISSN: 0964-5691. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.022>

ORENCIO, P. M.; FUJII, M. **An Index to Determine Vulnerability of Communities in a Coastal Zone: A Case Study of Baler, Aurora, Philippines.** *AMBIO*, v.42, p. 61–71, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007%2Fs13280-012-0331-0>

PUTIAMINI, S.; MULYANI, M.; PATRIA, M. P.; SOESILO, T. E. B.; KARSIDI, A. **Social vulnerability of coastal fish farming community to tidal (Rob) flooding: a case study from Indramayu, Indonesia.** *Journal of Coastal Conservation*, v.26, 7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11852-022-00854-7>

RYGEL, L.; O’SULLIVAN, D.; YARNAL, B. **A Method for Constructing a Social Vulnerability Index: An Application to Hurricane Storm Surges in a Developed Country.** *Mitig Adapt Strat Glob Change* 11, 741–764. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-006-0265-6>

RONCANCIO, D. J.; NARDOCCI, A. C. **Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil.** *Natural Hazards*, v.84, p. 1367–1383, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2491-x>

RUDORFF, F. M.; BONETTI FILHO, J.; MORENO, D. A.; OLIVEIRA, C. A. F.; MURARA, P. G. **Maré de Tempestade.** In: Herrmann, M. L. P. **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010.** 2. Ed. IHGSC/Cadernos Geográficos, Florianópolis. p. 151-154. ISBN 978-85-67768-00-7. 2014.

SAATY, T. L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures.** *Journal of Mathematical Psychology*, v.15, p. 234-281, 1977. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

SERAFIM, M. B.; SIEGLE, E.; CORSI, A. C.; BONETTI, J. **Coastal vulnerability to wave impacts using a multi-criteria index: Santa Catarina (Brazil).** *Journal of Environmental Management*, v.230, p. 21-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.052>

SU, S.; PI, J.; WAN, C.; LI, H.; XIAO, R.; LI, B. **Categorizing social vulnerability patterns in Chinese coastal cities.** *Ocean and Coastal Management*, v.116, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.026>

SINGLETON, A. D.; SPIELMAN, S. E. **The Past, Present and Future of Geodemographic Research in the United States and United Kingdom.** *The Professional Geographer*, v.66, n.4, p. 558–567, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/00330124.2013.848764>

SZLAFSZTEIN, C., STERR, H. **A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Pará, Brazil.** *Journal of Coastal Conservation*, v.11, p. 53–66, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11852-007-0003-6>

TASNUVA, A., HOSSAIN, M., SALAM, R. ISLAM, A.; PATWARY, M. M.; IBRAHIM, S. M. **Employing social vulnerability index to assess household social vulnerability of natural hazards: an evidence from southwest coastal Bangladesh.** *Environment, Development and Sustainability*, v.23, p. 10223–10245, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01054-9>

TATE, E. **Uncertainty analysis for a social vulnerability index**. Annals of the Association of American Geographers, v.103, n.3, p. 526–543, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045608.2012.700616>

TOMAZOLLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M.; HORN FILHO, N. O. **Geologia da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil**. Geociências, v.37, n.4, p. 715 – 731, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v37i4.11656>

WINTER, A. C.; MENEGOTTO, L. M. O.; ZUCCHETTI, D. T. **Vulnerabilidade social e educação: uma reflexão na perspectiva da importância da intersectorialidade**. Revista Conhecimento & Diversidade, v.11, n.2, p. 165 – 183, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18316/rcd.v11i25.5526>

WU, C. C.; JHAN, H. T.; TING, K. H.; TSAI, H. C.; LEE, M. T.; HSU, T. W.; LIU, W. H. **Application of Social Vulnerability Indicators to Climate Change for the Southwest Coastal Areas of Taiwan**. Sustainability, v.8, n.12, 1270, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8121270>

YOON, D. K. **Assessment of social vulnerability to natural disasters: a comparative study**. Natural Hazards, v.63, p. 823–843, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0189-2>

ZHOU, Y.; LI, N.; WENXIANG, W.; WU, J.; SHI, P. **Local Spatial and Temporal Factors Influencing Population and Societal Vulnerability to Natural Disasters**. Risk Analysis, v.34, n.4, p. 614-639, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.12193>