

DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES ELÉTRICOS PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE LOCAL

Carla de Abreu D'Aquino¹
Fernando Réus da Rosa¹
Giuliano Arns Rampinelli¹
Luciano Lopes Pfister¹
Carlyle Bezerra de Menezes²

¹Universidade Federal de Santa Catarina

²Universidade do Extremo Sul Catarinense

DOI: 10.47168/rbe.v29i2.780

RESUMO

O presente artigo desenvolve uma metodologia para determinação do Índice de Sustentabilidade Local (ISL) incluindo parâmetros relacionados a qualidade de energia elétrica. O objetivo é adequar a inserção de aspectos elétricos na realidade de pequenas comunidades. Foi realizado um estudo de caso na comunidade de Balneário Ilhas, inserida no município costeiro de Araranguá, sul do estado de Santa Catarina, que se caracteriza como uma comunidade tradicional. A metodologia consiste da criação de índice de sustentabilidade baseado em indicadores, que incluem aspectos ambientais, socio econômicos e elétricos. A construção dos índices foi realizada com base em pesquisa bibliográfica e nas características da comunidade, obtidas a partir de visitas e questionários. O ISL obtido resultou da média aritmética dos Índices de Sustentabilidade Ambiental, Socio econômico e Elétrico, os quais apresentaram valores de 87,2, 49,9 e 59,1 respectivamente. Foi possível identificar um Índice de Sustentabilidade Local médio, o qual foi recalculado considerando um sistema fotovoltaico de geração distribuída residencial. O Índice de Sustentabilidade Elétrica obteve então um valor máximo, que refletiu em um incremento de 13,6% no ISL. Esse resultado demonstra o papel da energia elétrica na sustentabilidade local de pequenas comunidades, e reforça a importância dos ODS 7 e 11 da agenda 2030. O artigo contribui com a inserção de parâmetros elétricos residenciais em índices de sustentabilidade dedicados a pequenas comunidades.

Palavras-chave: Índice de Sustentabilidade; Comunidade tradicional; Energia elétrica, Energias renováveis.

ABSTRACT

This article develops a methodology to determining the Local Sustainability Index (LSI) including parameters related to the quality of electricity. The objective is to adjust the insertion of electrical aspects in the reality of small communities. A case study was carried out in the community of Balneário Ilhas, located in the coastal municipality of Aranguá, in the south of the state of Santa Catarina, which is characterized as a traditional community. The methodology consists of creating a sustainability index based on indicators, which includes environmental, socio-economic and electrical aspects. The construction of the index was carried out based on bibliographical research and on the characteristics of the community, obtained from visits and questionnaires. The ISL resulted from the mean of the Environmental, Socioeconomic and Electric Sustainability Indexes, which presented values of 87.2, 49.9 and 59.1, respectively. It was possible to identify an average LSI, which was recalculated considering a residential distributed generation photovoltaic system. The Electric Sustainability Index then obtained a maximum value, which reflected in an increase of 13.6% in the ISL. This result demonstrates the role of electricity in the local sustainability of small communities, and reinforces the importance of SDGs 7 and 11 of the 2030 agenda. The article contributes with the inclusion of residential electrical parameters in sustainability indexes dedicated to small communities.

Keywords: Sustainability Index; Traditional Community; Electrical Energy, Renewable Energies.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo Moraes, Santos e Baldissera (2013), um dos caminhos encontrados para promover o desenvolvimento sustentável consiste em explorar as potencialidades das fontes renováveis de energia. A utilização de energia é essencial para o desenvolvimento da sociedade, pois a mesma é fundamental para a execução de muitas atividades no cotidiano. O uso de energia é inevitável para o desenvolvimento econômico e social, interferindo diretamente na qualidade de vida (LUCENA, OLIVEIRA e BEZERRA, 2015).

Atualmente, a palavra desenvolvimento está constantemente associada à palavra sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável (DS) está apoiado em três pilares fundamentais (PURVIS, MAO e ROBINSON, 2019): a sustentabilidade econômica, a sustentabilidade social e a sustentabilidade ambiental (MENSAH, 2019). De acordo com Mensah (op cit), o conceito de DS procura a equidade intergeracional, que reconhece as implicações da sustentabilidade tanto no curto quanto no longo prazo, para atender às necessidades das gerações

atuais e futuras. Em 2015 foi proposto pelas Nações Unidas, na Plataforma da Agenda 2030, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (UNITED NATIONS, 2015).

Considerando que a energia é um fator chave para a economia dos países, mas também exerce grande pressão sobre o meio ambiente, a sustentabilidade energética, conforme Grigoroudis et al. (2021), está relacionada ao fornecimento de serviços adequados, confiáveis e acessíveis de energia, em conformidade com os requisitos sociais e ambientais. Este conceito é alinhado ao Objetivo 7 (ODS 7 Energia limpa e acessível), e no contexto do presente estudo, ele também está alinhado com o Objetivo 11 (ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis), ambos propostos pela Organização das Nações Unidas na agenda 2030 (UNITED NATIONS, 2015).

De acordo com Molina (2019) os indicadores de sustentabilidade passaram a ser utilizados como instrumentos de mensuração com a finalidade de avaliar, monitorar e medir a situação atual de uma sociedade em relação aos objetivos pré-determinados. Os indicadores consistem em um conjunto de índices capazes de mensurar aspectos qualitativos e quantitativos das sociedades.

Pintér et al. (2012) detalharam os oito princípios de Bellagio (Visão orientadora; Considerações essenciais; Escopo Adequado; Estrutura e indicadores; Transparência; Comunicação Efetiva; Ampla Participação; Continuidade e capacidade) para avaliação e mensuração de sustentabilidade. Conforme de Oliveira Sartori e da Silva Siloto, (2013); Penteadó e Duarte (2014), esses princípios norteiam a construção de indicadores de sustentabilidade. Diante desta perspectiva, é cada vez mais importante a idealização de métodos de mensuração que possam ser utilizados para uma análise sistemática de desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Para McCool e Stankey (2004) os indicadores de sustentabilidade energética podem ser usados como ferramentas pelos formuladores de políticas públicas para avaliar o nível de sustentabilidade de diferentes áreas, setores e atividades de energia. Assim, as decisões políticas são importantes para implementar medições eficazes para alcançar o DS ao longo do tempo (HEZRI e HASAN, 2004).

Os indicadores elétricos têm sido utilizados para comparação do DS entre países (NARULA e REDDY, 2016; SHAH et al. 2019; RAZMJOO, SUMPER e DAVARPANAH, 2019), por meio de índices complexos, de forma que não é possível replicar esses métodos em pequenas localidades (, por exemplo, vilas com menos de 1000 habitantes). Assim, o presente trabalho desenvolve uma metodologia inovadora, que abrange indicadores elétricos para estimar o Índice de DS de pequenas localidades. Uma contribuição relevante desse conjunto de indicadores com uma escala adequada a pequenas comunidades é que ele pode ser replicado. No caso da localidade na qual foi desenvol-

vido o presente estudo, ela corresponde a uma comunidade que possui ainda uma forte presença de pescadores e pescadoras artesanais, os quais por meio de suas práticas e saberes tradicionais contribuem para o uso e conservação dos recursos naturais de forma sustentável.

Na perspectiva da sustentabilidade, o envolvimento comunitário na elaboração, implementação e avaliação de projetos de desenvolvimento e gestão de recursos naturais, abre espaço para o desenvolvimento de forma participativa, com o objetivo de buscar a sustentabilidade no uso dos recursos, com a valorização do conhecimento comunitário e saberes dos povos tradicionais. O saber local muitas vezes dialoga com o saber dominante em um processo que culmina com a hibridização dos saberes para construir suas formas de resistência. Ao valorizar o lugar com o seu conhecimento local, possibilita-se uma contraposição ao discurso dominante que a economia desenvolvimentista encontrou nas últimas décadas (DIEGUES e VIANA, 2004; VIEIRA et al, 2010).

Descentraliza-se assim a fala do desenvolvimento como apenas crescimento econômico e volta-se o olhar para outras dimensões presentes no lugar, tais como gênero, raça, etnia, relação com a natureza. Esta perspectiva configura-se como um processo em construção na busca de alternativas ao atual modelo hegemônico de desenvolvimento, por meio de uma relação solidária, equitativa e justa entre as pessoas e em suas relações com a natureza. Diante dos efeitos cada vez mais frequentes das mudanças climáticas e da evolução dos processos de degradação ambiental em escala local, regional e global, vários autores vêm apontando para a urgente necessidade de mudanças de paradigmas nos modos atuais de produção e consumo, a partir da perspectiva e do olhar sobre as relações históricas dos povos e comunidades tradicionais existentes nos países periféricos do hemisfério Sul (ACOSTA e BRANDT, 2018; SANTOS, 2019). Neste contexto, o uso de energias limpas e renováveis, tais como sistemas fotovoltaicos de geração distribuída, aponta para a perspectiva de uma significativa contribuição para a sustentabilidade socioambiental de uma comunidade tradicional da pesca artesanal, que vem sofrendo nos últimos anos a pressão devido à ocupação desordenada do território, à especulação imobiliária e ao turismo de massa, a exemplo da localidade deste estudo.

O artigo apresenta a metodologia em detalhes, um estudo de caso que englobou aspectos qualitativos de percepção de uma comunidade, e informações quantitativas para investigar a influência de indicadores elétricos na determinação da sustentabilidade. Para tal, foram levantados dados ambientais, elétricos, sociais e econômicos na comunidade de Balneário Ilhas, na região costeira do município de

Araranguá, Santa Catarina, Brasil.

2. METODOLOGIA

Conforme Diegues & Arruda (2001), as comunidades tradicionais podem ser caracterizadas pela relação com recursos naturais com os quais constroem seu modo de vida, pelo profundo conhecimento da natureza, que é transmitido de geração a geração, a partir da oralidade; pela noção de território e espaço; pela ocupação do mesmo território por várias gerações; pela importância das atividades de subsistência; entre outras. Comunidades tradicionais e pequenas localidades estão muitas vezes inseridas em locais de natureza ímpar, como a zona costeira.

A relação entre os serviços ambientais fornecidos pelo meio ambiente na qual estão inseridas, o modo de vida da comunidade e o seu desenvolvimento precisam estar em equilíbrio dinâmico. Isso é, manter uma sustentabilidade forte, as tradições do modo de vida da comunidade e possibilitar seu desenvolvimento. Comunidades tradicionais estudadas na zona costeira do Brasil, normalmente, carecem de acesso à energia elétrica de qualidade e demais serviços públicos (MENEZES et al. 2019) como água encanada, tratamento de esgoto e vias de acesso.

A operacionalização do conceito de DS na construção de indicadores não ocorre de forma imparcial (GUIMARÃES e FEICHAS, 2009); no entanto, sendo o DS multidimensional (STOFFEL e COLOGNESE, 2015), cada proposta de indicador deve tentar incluir ao máximo os aspectos que representam a realidade de determinado local. Dessa forma, a proposta de desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Local (ISL) se faz necessário para considerar a realidade das pequenas comunidades, que muitas vezes são comunidades tradicionais. Um único indicador pode estar atrelado a diversas variáveis e, assim, um conjunto de variáveis foi organizado em índices e o conjunto de índices em indicadores. Os indicadores por fim, fornecem informações relevantes que podem auxiliar na tomada de decisão sobre o desenvolvimento de comunidades locais. A partir dessa consideração se estabeleceu a proposta metodológica para uma avaliação de sustentabilidade em uma localidade tradicional, onde seja possível aliar a questão energética local aos pilares de desenvolvimento sustentável.

A pesquisa utilizou diferentes abordagens no levantamento de dados, incluindo conversas com os moderadores, questionários, levantamento bibliográfico, informações do poder público, análise de dados cartográficos e visitas de campo para registros fotográficos. A proposta metodológica apresentada foi desenvolvida no estudo de Rosa (2019) e aprimorada no presente artigo. É inovadora, uma vez que adaptou indicadores de sustentabilidade já conhecidos à realidade de pequenas localidades e, incluiu variáveis elétricas na composição do ISL.

2.1 Determinação do Índice de Sustentabilidade Ambiental

O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) foi obtido por meio da Equação 1. Os indicadores e suas variáveis foram estabelecidos com base nas características de comunidades tradicionais, considerando a pressão que exercem sobre o meio físico com relação a uso do solo, utilização de recursos naturais e destinação adequada de resíduos líquidos e sólidos (ROSA, 2019).

$$ISA = \frac{IO + CR + STES + AA + URN}{5} \quad (1)$$

Na qual, IO representa o indicador de ocupação; CR, a coleta de resíduos; STES, o sistema de tratamento de esgoto sanitário; AA, abastecimento de água e; URN, o uso de recursos naturais. Assim, o ISA com valor igual a 100 equivale a uma localidade com alta sustentabilidade ambiental, e um ISA próximo de 0, a um local com tendência a uma baixa sustentabilidade ambiental.

Os critérios que compõem o ISA seguiram o embasamento proposto por Pereira, Sauer e Fagundes (2016), os quais estabelecem uma metodologia para o estado do Mato Grosso do Sul e formam um conjunto de informações que possibilita delinear a qualidade ambiental de determinada região. Os indicadores que consideram taxas de ocupação regular, coleta de resíduos, acesso a tratamento de esgoto e abastecimento de água foram considerados por Réus e Andion (2018) para estimar a dimensão ambiental dos indicadores de sustentabilidade dos municípios catarinenses.

O indicador IO (Equação 2) consiste na utilização de uma carta de uso do solo a qual é conflitada com as áreas de proteção ambiental de determinada região (ROSA, 2019). O critério para a identificação de construções em Áreas de Preservação ou protegidas obedeceu ao Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). Foi realizada a verificação das residências que estão inseridas em locais inadequados, seja em áreas de reserva legal, preservação permanente ou áreas de risco de inundação.

$$IO = \frac{RR.100}{NTR} \quad (2)$$

Onde RR corresponde ao número de residências em áreas regulares e, NTR ao número total de residências da área. Quanto mais próximo do valor 100, maior o número de ocupações em áreas permitidas.

Para avaliação do indicador Coleta de Resíduos (CR), foram obtidos dados junto à prefeitura do município em estudo e por meio de questionários aplicados aos moradores. O indicador CR foi obtido pela Equação. 3.

$$CR = \frac{RA \cdot 100}{NTR} \quad (3)$$

Considerando RA o número de residências atendidas por sistema de coleta de resíduos.

O Sistema de tratamento de esgoto sanitário (STES), Equação 4, foi avaliado de acordo com a NBR 13969 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), a qual define os parâmetros para unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Foram considerados sistemas adequados aqueles que estiverem dentro das normas. As residências que não utilizam nenhum tipo de tratamento para seus efluentes, lançando-os diretamente no solo ou recursos hídricos locais, foram consideradas inadequadas.

$$STES = \frac{RA \cdot 100}{NTR} \quad (4)$$

Na qual, RA corresponde ao número de residências atendidas com sistema de tratamento de esgotamento sanitário.

O diagnóstico do indicador AA foi construído a partir de dados coletados juntamente à fornecedora de água para o local de estudos e pela aplicação de questionário (ROSA, 2019). Foram consideradas atendidas pelo abastecimento de água as residências que possuem ligação com o ramal de distribuição da fornecedora do município, e não atendidas aquelas que utilizam outras formas de captação, como poços, por exemplo.

O indicador de Abastecimento de Água foi obtido por meio da Equação 5.

$$AA = \frac{RA \cdot 100}{NTR} \quad (5)$$

Onde RA é o número de residências atendidas pelo sistema de abastecimento de água municipal.

A definição do indicador Uso de Recursos Naturais (URN) foi obtida por meio de questionários, buscando compreender as principais relações dos moradores com os recursos naturais locais. Foram considerados mais sustentáveis aqueles que utilizam os recursos naturais como meio de sobrevivência, a exemplo da pesca artesanal e lazer, as quais exercem menos pressão sobre o meio ambiente (ROSA, 2019).

Os parâmetros para o indicador URN receberam valores de acordo com a Tabela 1, e foram multiplicados pelo número de famílias que interagem com cada um, conforme a Equação 6. O parâmetro referente aqueles moradores que afirmaram não utilizar ou interagir com os recursos naturais locais foi atribuído um valor um, uma vez que não há interação positiva ou negativa. O turismo foi considerado atividade de interação com impacto negativo. Conforme o relato dos moradores, durante a alta temporada a população triplica, exercendo grande pressão sobre os recursos naturais e serviços da comunidade. Assim, foi atribuído um menor valor a esse parâmetro.

Tabela 1 - Valor dos parâmetros que compõem o indicador URN

Categoria (n)	Uso dos Recursos Naturais	URN_n
1	Pesca Artesanal	100
2	Lazer	100
3	Turismo	50
4	Não se relaciona com os recursos naturais locais	1

$$URN = \frac{\sum N_n \cdot URN_n}{NP_{am}} \quad (6)$$

Sendo N_n o número da categoria “n”, URN_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NP_{am} o total de pessoas avaliadas na amostra. Destaca-se que durante a aplicação do questionário cada morador só poderia escolher uma das opções de interação com os recursos naturais

Dentre os critérios desenvolvidos buscou-se um enquadramento da realidade do local, de forma que a verificação do ISA como macro indicador de desenvolvimento pudesse considerar os aspectos mais relevantes para definição de sustentabilidade de pequenas comunidades.

2.2 Determinação do Índice de Sustentabilidade Socioeconômico

De acordo com Soligo (2012), a utilização da informação como instrumento de interpretação da realidade social requer a criação de meios de quantificação de alguns aspectos importantes dessa realidade de forma clara e simplificada. Assim, para obtenção do diagnóstico socioeconômico o Índice de Sustentabilidade Socioeconômico (ISS) foi obtido por meio da Equação 7. A escolha dos critérios que compõem o ISS foi embasada em Rabelo e Lima (2008), os quais desenvolveram uma metodologia de indicadores de sustentabilidade e destacaram como principais variáveis do meio socioeconômico: trabalho e renda, bem como suas derivações.

$$ISS = \frac{MR + TR + FR + RD}{4} \quad (7)$$

Onde MR é o número de moradores por residência; TR, número de moradores que trabalham por residência; FR, fonte de renda e; RD é a renda. Os valores para cada um destes indicadores foram obtidos a partir dos questionários aplicados durante as visitas a comunidade. Um ISS de valor 100 corresponde a uma localidade com alta sustentabilidade socioeconômica, enquanto os valores próximos a 0 indicam uma baixa sustentabilidade.

Os indicadores que compõem o ISS foram obtidos pela combinação de dados obtidos através de questionário e dados fornecidos pela prefeitura do município. O indicador MR foi calculado pela Equação 8 e objetivou identificar a permanência de pessoas na comunidade após a idade adulta. Neste caso, consideram-se sustentáveis comunidades onde não há migração maciça de membros da família para busca de oportunidades em outros locais (ROSA, 2019).

Comunidades que apresentam um número reduzido de famílias com poucos membros tendem ao decréscimo da população local, levando a uma regressão de fatores econômicos e sociais, o que pode representar uma baixa sustentabilidade local. Desta forma, comunidades com mais pessoas por residência tendem a ter maior sustentabilidade socioeconômica. Foram atribuídos valores para diferentes números de moradores por residência, considerando essas quantidades como variáveis, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do indicador MR (Moradores por Residência)

Categoria (n)	Moradores por Residência	MR _n
5	Acima de quatro moradores	100
4	Quatro moradores	80
3	Três moradores	60
3	Dois moradores	40
1	Um morador	20

$$MR = \frac{\sum NR_n \cdot MR_n}{NR_{am}} \quad (8)$$

Sendo NR_n o número de residências na categoria “n”, MR_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NR_{am} o total de residências avaliadas na amostra.

O indicador TR (Equação 9) buscou estimar as oportunidades de geração de renda dentro da própria comunidade, o que pode evidenciar uma maior possibilidade de oportunidades locais. Considera-se que quanto mais pessoas trabalham dentro de cada residência, maior é o poder econômico e a tendência de sustentabilidade (ROSA, 2019). Os valores atribuídos a cada variável desse indicador são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valor atribuído às variáveis para o indicador TR

Categoria (n)	Número de moradores que trabalham por residência	TR _n
5	Mais que três moradores trabalham	100
4	Três moradores trabalham	80
3	Dois moradores	60
2	Um morador trabalha	40
1	Nenhum morador trabalha	20

$$TR = \frac{\sum NP_n \cdot TR_n}{NP_{am}} \quad (9)$$

Onde NP_n o número de pessoas na categoria “n”, TR_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NP_{am} o total de pessoas avaliadas na amostra.

Uma avaliação qualitativa das ofertas de trabalho disponíveis na comunidade foi realizada por meio do indicador FR expresso na

Equação 10. Um aspecto de pertencimento está relacionado ao envolvimento das pessoas com o local onde vivem. Assim, oportunidades de renda dentro da comunidade tradicional favorecem a sustentabilidade da mesma, e o trabalho fora da comunidade traduz uma baixa sustentabilidade. A aposentadoria, apesar de ser um fator relevante para a manutenção da economia local, foi considerado uma fonte de renda externa (ROSA, 2019).

A pesca é uma atividade importante na comunidade estudada e está diretamente relacionada ao indicador fonte de renda. No entanto, a atividade é artesanal, demanda profissionais autônomos, não agregando geração de emprego e renda a maiores núcleos. Já o comércio local gera um consumo cíclico de bens, materiais e renda, o que pode ser um fator determinante para evitar a migração de pessoas e atrair novos moradores. A Tabela 4 lista as variáveis para o indicador FR e os respectivos valores atribuídos.

Tabela 4 - Variáveis para o indicador FR e os valores atribuídos

Categoria (n)	Fonte de Renda	FR _n
4	Comércio Local	100
3	Pesca	75
2	Aposentadoria	50
1	Trabalho Fora da Comunidade	25

$$FR = \frac{\sum N_n \cdot FR_n}{NP_{am}} \quad (10)$$

Sendo N_n o número da categoria "n", FR_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NP_{am} o total de pessoas avaliadas na amostra.

Por fim, o indicador de renda por residência (RR) foi obtido considerando o número de salários mínimos por residência (Equação 11). Os valores atribuídos às variáveis estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Variáveis e valores atribuídos para o indicador RD

Categoria (n)	Renda mensal	RR _n
5	Acima de 4 Salários Mínimos	100
4	Até 4 Salários Mínimos	80
3	Até 3 Salários Mínimos	60
2	Até 2 Salários Mínimos	40
1	Até 1 Salário Mínimo	20

$$RR = \frac{\sum N_n \cdot RR_n}{NP_{am}} \quad (11)$$

Na qual N_n o número da categoria “n”, RR_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NP_{am} o total de pessoas avaliadas na amostra.

2.3 Determinação do Índice de Sustentabilidade Elétrica

Segurança Energética Sustentável (SES) é definida como “aprovisionamento de serviços de energia ininterruptos de forma acessível, equitativa e eficiente, e ambientalmente benigna” (NARULA, 2014; NARULA e REDDY, 2016). Esses autores propuseram um índice para medir a SES em países em desenvolvimento, no qual incluíram indicadores relacionados ao uso doméstico de energia, incluindo os recursos naturais e econômicos, emissões e resíduos e perdas de energia. Grigoroudis et al. (2021), em seu estudo de indicadores de sustentabilidade de energia, também definiram parâmetros para classificar países. A maior parte dos trabalhos que relacionam sustentabilidade, energia e eletricidade abrange a larga escala.

O presente trabalho procurou inovar na inclusão da energia dentro do desenvolvimento sustentável, e assim propor um Índice de Sustentabilidade Elétrica (ISE) de forma simples, considerando aspectos relevantes no dia a dia de uma residência em uma localidade pequena. Esse fator comporá o ISL de uma comunidade, a fim de fornecer parâmetros que podem ser monitorados ao longo do tempo e auxiliar na trajetória para manter as comunidades tradicionais crescendo em equilíbrio com o meio ambiente.

O diagnóstico do fornecimento de energia elétrica objetivou a obtenção de dados da percepção da população local com relação à energia elétrica fornecida pela distribuidora. Desta forma, o ISE foi obtido por meio da Equação 12.

$$ISE = \frac{ANEE + FIF + FFEE}{3} \quad (12)$$

Onde ANEE corresponde a um indicador de Atendimento das Necessidades de Energia Elétrica com relação a atual disponibilidade; FIF, Frequência da Interrupção do Fornecimento e FFEE, a Falhas no Fornecimento de Energia Elétrica.

A escolha dos critérios que compõem o ISE foi inspirada no ODS 7, o qual relaciona desenvolvimento sustentável a um acesso

universal à energia, de custo razoável, confiável e limpa. Foi também concentrada em parâmetros elétricos que influenciam a vida dos moradores de forma direta nas suas residências. Assim, um ISE de valor 100 equivale a uma localidade com alta sustentabilidade elétrica, enquanto os valores próximos a zero indicam uma baixa sustentabilidade elétrica.

O indicador ANEE, Equação 13 procurou quantificar a satisfação do morador com relação à qualidade de energia fornecida. Os valores foram definidos conforme a sensação de atendimento da demanda de energia elétrica pelos moradores da comunidade (Tabela 6). Quando o morador julga que o sistema atual de fornecimento não atende à demanda necessária para o desenvolvimento de suas atividades diárias, há indicação de menor sustentabilidade.

Tabela 6 - Variáveis e seu valores para o cálculo do indicador ANEE

Categoria (n)	Atendimento das necessidades de energia elétrica	ANEE _n
1	Atendimento Suficiente	100
2	Atendimento Insuficiente	75
3	Atende com Falhas	50
4	Não Atende	25

$$ANEE = \frac{\sum N_n \cdot ANEE_n}{NR_{am}} \quad (13)$$

Sendo N_n o número da categoria “n”, $ANEE_n$ o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NR_{am} o total de residências avaliadas na amostra.

O FIF avalia a percepção dos moradores quanto à frequência na interrupção do fornecimento de energia elétrica na comunidade. Desta forma, quanto mais frequente são as interrupções no fornecimento, menos sustentável é o sistema atualmente disponível (Tabela 7). O FIF foi obtido segundo a Equação 14.

Tabela 7 - Variáveis e valor atribuído para FIF

Categoria (n)	Frequência na Interrupção do fornecimento	FIF _n
1	Não Ocorre	100
2	Raramente Ocorre	75
3	Periodicamente Ocorre	50
4	Frequentemente Ocorre	25

$$FIF = \frac{\sum N_n \cdot FIF_n}{NR_{am}} \quad (14)$$

Onde FIFn o valor do parâmetro para a respectiva categoria.

A forma como as quedas de energia impactam na qualidade de vida da comunidade e na economia foi mensurada através do FFEE. A Tabela 8 apresenta as variáveis consideradas e seus valores, e a Equação 15 apresenta o cálculo do índice.

Tabela 8 - Valores do indicador FFEE
(Falhas no Fornecimento de Energia Elétrica)

Categoria (n)	Falhas no Fornecimento de Energia Elétrica	FFEE _n
1	Não afetam a qualidade de vida e economia	100
2	Às vezes afetam a qualidade de vida e economia	75
3	Frequentemente afetam a qualidade de vida e economia	50
4	Sempre afetam a qualidade de vida e economia	25

$$FFEE = \frac{\sum NR_n \cdot FFEE_n}{NR_{am}} \quad (15)$$

Sendo FFEE_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria.

De acordo com Borba e Gaspar (2010), um acesso à energia de qualidade é essencial para o desenvolvimento sustentável. O ISE quantifica a relação entre o acesso à energia elétrica de qualidade e o desenvolvimento, conforme a realidade vivida pela comunidade. Assim, considera-se importante levantar junto à comunidade sua opinião quanto a possibilidade de melhorias no fornecimento de energia elétrica.

Foi proposto então o indicador de Sistemas Complementares de Energia Elétrica (SCEE), calculado por meio da Equação 16, com as variáveis mostradas na Tabela 9. Esse indicador buscou retratar a percepção da comunidade perante uma eventual proposta de sistema de geração distribuída de energia elétrica e, se este sistema traria benefícios econômicos e qualidade de vida local.

Tabela 9 - Variáveis e valores para o índice Sistemas Complementares de Energia - SCEE

Categoria (n)	Sistemas Complementares de Energia Elétrica	SCEE _n
1	Traria Benefícios Significativos	100
2	Traria Poucos Benefícios	75
3	Nada Mudaria	50
4	Traria Efeitos Negativos	25

$$SCEE = \frac{\sum N_n \cdot SCEE_n}{NP_{am}} \quad (16)$$

Onde N_n é o número da categoria “n”, RR_n o valor do parâmetro para a respectiva categoria, e NP_{am} o total de pessoas avaliadas na amostra.

Este indicador não foi utilizado no cálculo final do ISE, por representar a percepção a uma projeção futura, e não retratar a atual situação do sistema elétrico da comunidade. Mas representa um importante indicador para discutir a futura aceitação da comunidade a essa tecnologia renovável.

2.4 Índice de Sustentabilidade Local

A avaliação da sustentabilidade local foi estimada a partir do ISL, o qual foi composto pela média aritmética entre ISA, ISS e ISE, conforme a Equação 17.

$$ISL = \frac{ISA + ISS + ISE}{3} \quad (17)$$

A proposta é que cada um dos índices apresente o mesmo peso, sem que seja estabelecido uma hierarquia entre eles, de forma que ISA, ISS e ISE ocupem o mesmo nível de importância dentro do desenvolvimento sustentável em uma comunidade tradicional. Quando o ISL apresenta um valor próximo de 100, equivale a uma localidade com maior sustentabilidade, e quando ISL se aproxima de zero, representa a inexistência de sustentabilidade na comunidade

2.5 Estudo de caso

A localidade de Balneário Ilhas está situada à margem esquerda do rio Araranguá e é parte integrante do Distrito de Hercílio Luz, situado no município de Araranguá, Santa Catarina, conforme Figura 1,

adaptada de Cristiano et al. (2018). A comunidade possui uma população fixa de aproximadamente 270 pessoas, boa parte composta por aposentados, comerciantes locais e pescadores. Foi o núcleo de pesca que deu origem à localidade e que ainda apresenta suas características tradicionais. Balneário Ilhas está inserida na Área de Preservação Ambiental da Costa de Araranguá, criada pelo Município de Araranguá, através do Decreto Nº 7828, e faz interface com a RESEX do rio Araranguá (Decreto Nº 7830), remetendo a importância ecológica e ao capital ambiental da região.

Recentemente a Lei Complementar Municipal nº 0417/2022 revogou o Decreto nº 7.828/2016, que havia criado a Área de Proteção Ambiental (APA) da Costa de Araranguá, e alterou a Lei 7.829/2016, que havia criado o Monumento Natural (MONA) Morro dos Conventos, reduzindo substancialmente e em mais da metade a área desta unidade de conservação. No entanto, a Reserva Extrativista do Rio Araranguá foi mantida.

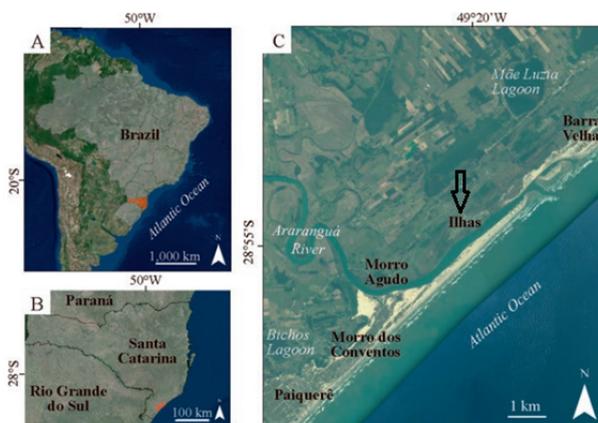


Figura 1 - Área de estudo

As belezas naturais contrastam com uma grande pressão físico-territorial. O uso dos recursos naturais locais como forma de subsistência tem dado lugar a uma crescente demanda exploratória por turismo. Ao mesmo tempo, observa-se uma demanda por manutenção de estradas, abastecimento de água, rede de coleta e tratamento de efluentes sanitários e melhorias no fornecimento de energia elétrica. A soma destes fatores faz com que quem visita Balneário Ilhas tenha a impressão de que a comunidade parou no tempo, apesar do grande potencial turístico da região.

A comunidade abriga casas simples e praticamente com pouca infraestrutura, nos meses de verão recebe grande quantidade de turis-

tas, com a população chegando 4.500 pessoas (de acordo com a associação de moradores). Os turistas dividem com os moradores fixos todos os recursos ambientais e infraestrutura disponíveis.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram realizadas duas visitas iniciais na comunidade de Balneário Ilhas contando com apoio das lideranças locais, como os representantes da Associação de Moradores de Balneário Ilhas e da Colônia de pesca. O objetivo das visitas preliminares foi apresentar os pesquisadores a comunidade e buscar identificar as principais necessidades destacadas pelos moradores. Nessa etapa as questões de qualidade de energia, evasão dos jovens da comunidade e acesso foram indicadas como prioritárias para a comunidade (ROSA, 2019).

As visitas à comunidade foram essenciais para o desenvolvimento dos questionários, os quais foram aplicados em três idas à comunidade, nos dias 24 de novembro, 09 e 17 de dezembro de 2018. Os questionários consistiram em pesquisa de opinião, sem identificação dos respondentes. Foram aplicados 53 questionários (53 famílias), atingindo cerca de 140 pessoas (51,8% da população fixa).

Para avaliar a qualidade da energia e do fornecimento de energia elétrica foi instalado um analisador de qualidade de energia elétrica, na residência de um morador na comunidade. O objetivo foi avaliar os parâmetros técnicos que definem a qualidade de energia elétrica disponibilizada pela empresa fornecedora da região do município de Araranguá. O analisador de qualidade de energia elétrica do fabricante IMS, modelo PowerNet P-600, foi posicionado logo após o medidor de consumo da residência, e antes da distribuição da carga na unidade consumidora. E foi configurado para registrar os dados de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa e potência aparente, componentes harmônicas e fator de potência em um intervalo de 10 minutos.

A coleta de dados foi realizada a partir do dia 17 de novembro de 2017, por doze dias ininterruptos. A obtenção dos dados técnicos foi utilizada para comparar com as informações obtidas através do questionário referentes ao sistema elétrico. As duas formas de avaliação da qualidade de energia devem representar a realidade da qualidade de distribuição de energia elétrica na comunidade.

3. RESULTADOS

3.1 Índice de Sustentabilidade Ambiental

A determinação do indicador IO foi resultado da combinação de visitas a campo com o geoprocessamento de imagens, o qual gerou mapa apresentado na Figura 2. A partir do desenho elaborado foi possível definir as linhas que demarcam as Áreas de Preservação Per-

manente (APP) e áreas alagáveis, e assim determinar o número de residências que ocupam áreas consideradas irregulares, de acordo com a legislação ambiental vigente (BRASIL, 2012). Essa informação foi também verificada durante as saídas de campo realizadas na comunidade, nas quais pode-se constatar que há uma grande quantidade de residências nessas áreas e as mesmas são ocupações já consolidadas (Figura 3).

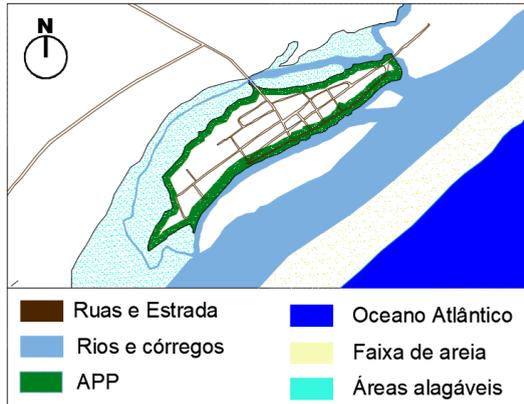


Figura 2 - Delimitação das Áreas de Preservação Permanente – APP

A comunidade possui um total de 327 residências, das quais 132 estão em áreas consideradas irregulares pela legislação, totalizando 40,3%. Dessa forma, o indicador de Ocupação calculado foi de 62,3, valor que representa um nível mediano de ocupações em situação ambiental sustentável. Esse indicador foi o mais baixo dentre os componentes do ISA; a interação destas ocupações irregulares com o ecossistema estuarino representa um impacto ambiental negativo.

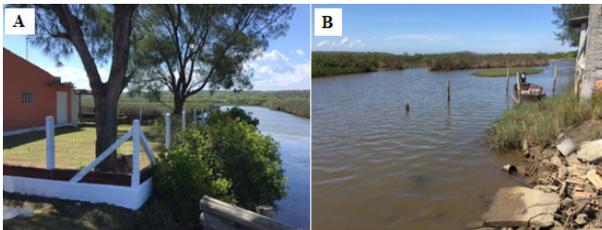


Figura 3 - A – Ocupação irregular às margens do canal de ligação com a área de mangue (APP). B – Ocupação e deposição irregular de resíduos de construção civil em área de mangue (APP)



Figura 3 (cont.) - C – Aterro com resíduos de construção civil em APP para o estabelecimento de novas edificações. D – Ocupação irregular em área de APP do rio Morto

A composição dos valores dos demais indicadores ambientais foi obtida por meio de aplicação do questionário. O valor obtido para o indicador CR foi de 96,1, uma vez que das 53 residências visitadas, 51 são atendidas pelo sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares do município de Araranguá, com periodicidade de duas vezes por semana. As exceções são residências que se instalaram de maneira irregular no limite sul de Balneário Ilhas, onde o poder público não reconhece a ocupação.

Na avaliação para o atendimento pelo sistema de tratamento de esgoto sanitário municipal, o valor obtido de 98,1 foi porque apenas uma das residências pesquisadas não possui qualquer tipo de tratamento de efluentes. O sistema comum na comunidade é o uso do sistema fossa, filtro e sumidouro. Outro indicador bastante positivo foi o de AA, com valor igual a 100, pois todas as residências visitadas são abastecidas pelo sistema de água tratada do município. Esses fatores contribuíram para elevação do ISA.

Complementa o diagnóstico ambiental o indicador URN, no qual a pesca artesanal foi a forma de interação de destaque indicada por 49% dos respondentes. Seguida então pelo lazer com 26%. O comércio local foi indicado por cerca de 7% dos respondentes. O interessante foi que aproximadamente 17% dos respondentes indicaram não fazer qualquer tipo de uso ou interação com os recursos naturais (Figura 5). Assim, URN apresentou um valor final de 79,4. Menezes et al. (2019) também observaram em uma comunidade costeira essa relação próxima com a pesca artesanal, no entanto, conseguiram identificar certa vulnerabilidade da comunidade no acesso aos recursos naturais locais.

O ISA obtido foi de 87,2% e demonstra que a comunidade é atendida por um sistema de saneamento básico adequado, através de coleta de resíduos sólidos, abastecimento de água, disposição adequada de efluentes sanitários e uma relação sustentável com os recur-

tos naturais disponíveis na região.



Figura 5 - Uso dos recursos naturais

No entanto, devido ao grande potencial natural, foi observada a ocorrência de uma expansão urbana desordenada, o que aumenta a pressão sobre as áreas que deveriam ser preservadas no ecossistema local, para manutenção dos serviços ambientais prestados. De acordo com de Carvalho e Barcellos (2009) “a economia ecológica, a sustentabilidade do capital natural é de especial importância, pois é ela que garante a existência de vida humana na Terra”.

Além do exposto acima, o ambiente estuarino recebe águas impactadas pela mineração de carvão (que ocorre a montante), pela presença de diversas cidades, pelas atividades de agricultura e criação de animais ao longo dos principais afluentes do rio Araranguá. Silvestrini e D’Aquino (2020) monitoraram ao longo de um ano o comportamento do estuário diante a influência destas atividades. Eles verificaram que na porção onde se insere a comunidade de Ilhas, o ecossistema ainda é capaz de atuar com um filtro de propriedades, entregando para o oceano uma água de qualidade. No entanto, essas pressões ambientais vão se somando e tendem a aumentar ao longo do tempo, e caso nenhuma medida de proteção seja realizada, em algum momento o ambiente poderá ficar saturado e não consiga mais atuar na manutenção da sua saúde.

3.2 Índice de Sustentabilidade Social

O número de moradores por residência indicou que predominam famílias com poucos membros (Figura 6); o indicador MR calculado foi de 50,9%. Conforme o líder da comunidade, existem cerca de 270 moradores fixos na comunidade, e esse fato aliado a um baixo número de moradores por residência, pode indicar uma baixa sustentabilidade social. A quantidade de membros que trabalham por família é baixa, e a presença de um número significativo de aposentados indi-

ca que não há oportunidades de geração de trabalho e renda dentro da comunidade (Figura 6). Dificultando a permanência de membros jovens na comunidade, os quais não encontram em seu meio condições para permanecer e manter a família. O indicador TR foi 46.



Figura 6 - Resultado da aplicação de questionário nas 53 famílias visitadas quanto ao número de moradores por residência e o número de moradores que trabalham por residência

O indicador fonte de renda buscou avaliar de maneira mais direta a relação das duas variáveis anteriores, MR e TR, e relacioná-las com a capacidade de absorção de mão de obra local. Assim, quanto mais pessoas trabalham e geram renda localmente, melhores serão os índices de sustentabilidade social local. Os resultados obtidos para renda e fonte de renda (Figura 7) evidenciam que a comunidade de Balneário Ilhas é composta em sua maioria por pessoas de baixo poder aquisitivo (até 2 salários mínimos), aposentados, e os que trabalham em sua maioria o fazem fora da comunidade. Assim, o FR obtido foi de 54,7% e o RR de 47,9%.

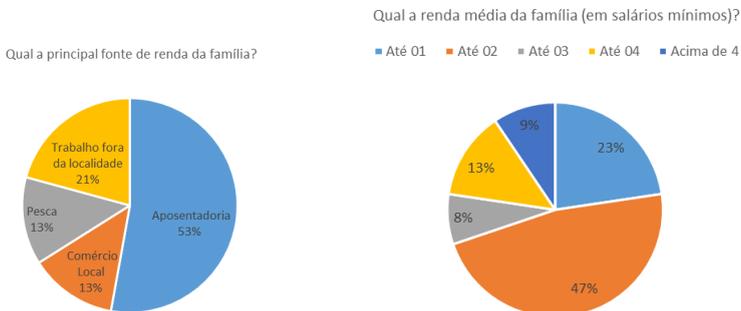


Figura 7 - Resultados obtidos para fonte de renda e renda

O ISS calculado a partir dos indicadores foi de 49,9, e reflete uma comunidade onde a estrutura atual não é capaz de fornecer subsídios que possam favorecer o desenvolvimento social local. No entanto, destaca-se que durante as conversas muitos moradores expressaram que nada mudariam na comunidade (incluindo as ruas sem pavimentação e a dificuldade de acesso) e que apreciam a tranquilidade do local. Esse também foi o motivo de muitos terem estabelecido residência permanente lá após a aposentadoria.

3.3 Índice de Sustentabilidade Elétrica

Os resultados para o diagnóstico do fornecimento de energia elétrica foram obtidos através de questionário, nos quais foram levantados dados primários sobre a percepção da comunidade com relação ao fornecimento atual de energia elétrica. Para o indicador de Atendimento das Necessidades de Energia Elétrica, o valor obtido foi de 74,1. A Figura 8 mostra que a maior parte dos entrevistados se consideram atendidos, no entanto, 66% deles apontam atendimento com falhas e, 19% afirmam que o fornecimento pode melhorar. Um percentual de 45% dos respondentes afirmou que as interrupções no fornecimento de energia elétrica ocorrem frequentemente. Uma causa provável é que a comunidade de Balneário Ilhas está na ponta da rede, o que é associado a baixa qualidade da energia e quedas frequentes. Este fato reflete no indicador FIF, calculado em 46,7, apontando uma lacuna a ser preenchida com relação aos níveis de qualidade de energia elétrica na comunidade.

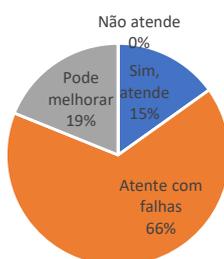


Figura 8 - Resposta à pergunta: O fornecimento de energia elétrica atende as necessidades da sua residência?

Uma vez verificada que as interrupções no fornecimento de energia elétrica são frequentes, é importante que seja verificado se isto é fator relevante na qualidade de vida dos moradores, bem como se

prejudica a economia local. Para 77% dos respondentes, as falhas no fornecimento de energia afetam sua qualidade de vida. Eles relacionaram esse fato a dificuldades de realização de tarefas comuns, principalmente no período noturno, como a queima de equipamentos e perda de alimentos que necessitam de refrigeração. O valor do indicador FFEE, foi de 56,6 e confirma a insatisfação das famílias com relação aos danos causados por sucessivas interrupções no fornecimento de energia elétrica.

O ISE obtido foi de 59,1 e representa um diagnóstico da percepção da comunidade com relação a situação atual do fornecimento de energia elétrica. De forma geral o ISE conseguiu refletir o fato de a comunidade ser atendida em relação ao fornecimento de energia, no entanto, a baixa qualidade da energia e as quedas frequentes são problemas reais que geram insatisfação com esse serviço.

O analisador de energia elétrica instalado em uma residência na localidade em estudo detectou, no período de 12 dias, três ocorrências de falhas no suprimento de energia. Nos demais dias do período monitorado houve significativas variações nos níveis de tensão, que indicam que a qualidade da energia elétrica fornecida à comunidade pode ser melhorada. Uma das alternativas seria a implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, pois a inserção de energia no sistema elétrico contribui na melhoria de níveis de tensão e estabilização do sistema (LIMA, MENDES e Batista, 2020).

Os moradores foram também questionados sobre se SCEE trariam benefícios a comunidade. Para 85% dos respondentes os benefícios seriam significativos, 6% expressaram que nada mudaria e 2% que teria efeitos negativos (Figura 9). Este indicador apresentou um valor de 93,9 e apontou o desejo de melhorias e também certo conhecimento sobre sistemas alternativos como a energia solar. Leodoro Silva et al. (2019), em seu estudo sobre a percepção das energias renováveis em Araranguá, apontaram que 92,3% dos respondentes já tinham ouvido falar sobre energia solar.

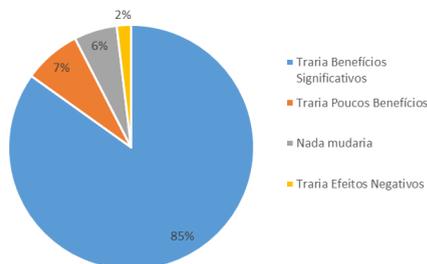


Figura 9 - Na sua opinião sistemas complementares de energia trariam benefício para a comunidade?

3.4 Índice de Sustentabilidade Local

O ISL buscou relacionar aspectos qualitativos em dados que representassem numericamente a realidade da comunidade de Balneário Ilhas e a relação dos moradores com o ambiente no entrono. Os resultados obtidos para o ISL estão sumariados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valor obtido para o Índice de Sustentabilidade Local

Índices	Valores	ISL
Sustentabilidade Ambiental - ISA	87,2	65,4
Sustentabilidade Socioeconômica - ISS	49,9	
Sustentabilidade Elétrica – ISE	59,1	

O ISL reflete uma comunidade que apresenta condições de saneamento básico relativamente adequado e uma relação íntima com o meio ambiente. Demonstrado uma co-dependência dos recursos naturais locais como forma de auto sustentação, por apresentar toda sua dinâmica embasada na pesca de subsistência e nas características naturais como atração turística, o que permite a movimentação do sistema econômico local.

A oferta de oportunidades de emprego e renda, melhorias na infraestrutura e na qualidade de energia precisam de atenção do poder público, principalmente para manter as famílias e seus dependentes na localidade. Assim, a presente pesquisa, baseada na crença positiva dos respondentes em relação a energia solar, realizou a modelagem e simulação de um sistema fotovoltaico como alternativa de energia elétrica na comunidade e recalculou então o ISE, para avaliar seu impacto no ISL. Conforme Purvis, Mao e Robinson (2019), o uso de indicadores e a própria discussão de sustentabilidade através de suas origens históricas complexas e díspares, permanece tanto específica do contexto quanto ontologicamente aberta e, portanto, qualquer a descrição detalhada do conceito utilizado se faz relevante.

3.5 Proposta de Geração Distribuída com sistemas fotovoltaicos

Um sistema fotovoltaico de geração distribuída foi modelado e simulado na intenção de verificar se parâmetros elétricos mais adequados contribuem para uma maior sustentabilidade. Foi utilizada a ferramenta on-line disponibilizada pelo Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina – IDEAL. O simulador de energia solar fotovoltaica AMERICADOSOL fornece dados preliminares de

projeto, como, a área a ser coberta pelos módulos fotovoltaicos, inclinação, capacidade de produção de energia e estimativa de geração e consumo. Todos os dados necessários para a simulação do sistema proposto foram retirados da fatura de energia e da Central Elétrica de Santa Catarina – CELESC.

O levantamento do consumo médio anual de energia elétrica da unidade residencial, quanto de energia deseja-se produzir com o sistema em relação ao consumo médio, parcial ou total, dados de irradiação disponíveis para o local da instalação e, inclinação dos módulos fotovoltaicos, foram embasados na fatura de energia de uma residência padrão, localizada na comunidade de Balneário Ilhas. A partir da fatura, foi obtido o consumo de energia elétrica de um período de 12 meses (2018/2019).

O consumo médio foi em torno de 100 kWh e o período de maior consumo foi nos meses de fevereiro, março e abril. Os dados mensais de irradiação solar foram obtidos no Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina – IDEAL (2017). A simulação considera os módulos fotovoltaicos instalados para o Norte e com uma inclinação ótima de 29°, a qual corresponde à latitude da localidade de Ilhas. As características do sistema simulado foram: potência de 1,0 kWp; área de 6 a 9 m²; inclinação de 29°; rendimento anual 1.234 kWh/kWp; emissões evitadas 361 kgCO₂/ano, considerando um consumo total de 1.827 kWh, dos quais 584 Wh supridos pela rede elétrica e 1.243 kWh da geração fotovoltaica.

O sistema simulado seria capaz de atender de maneira satisfatória as necessidades da residência, suprimindo cerca de 1.243 kWh da demanda de energia elétrica da residência. Assim, a residência obteria uma economia de 68% na fatura de energia no período de um ano. A economia na fatura de energia elétrica seria significativa em todos os meses. Os dados apresentados demonstram que é possível uma economia de R\$ 647,52 por ano, caso o sistema fosse implantado, Sem considerar o tempo de retorno do investimento; isto representaria um ganho significativo de capital para as residências que seriam atendidas pelo sistema.

Com base nos resultados da simulação, o Índice de Sustentabilidade Elétrica foi recalculado, considerando que: a inserção do excedente de energia na rede poderia trazer melhorias na qualidade de energia elétrica local, melhorando a qualidade de vida dos residentes da comunidade. Com isso, as variáveis do ISE referentes a falhas no fornecimento e qualidade de energia elétrica seriam melhorados. Assim, os indicadores ISA e ISS foram mantidos inalterados. Assumiu-se que o sistema geração distribuída conectado à rede solucionou a insatisfação com o fornecimento de energia e deixou de influenciar negativamente na qualidade de vida dos moradores. Principalmente através

da estabilidade de tensões, adequação no fator de potência e, principalmente, suprimento da demanda nos períodos de interrupções no fornecimento.

Foram então atribuídos os melhores cenários aos indicadores de sustentabilidade elétrica, considerando um ISE igual a 100. A Tabela 11 apresenta o ISL recalculado, onde observa-se um incremento de 13,6% no ISL em consequência a melhorias no fornecimento de energia. Esse resultado demonstra o papel da energia elétrica na sustentabilidade local da comunidade, e reforça a importância dos ODS 7 e 11 da agenda 2030.

Tabela 11 - Valor obtido para o Índice de Sustentabilidade Local, após as melhorias no sistema elétrico das residências

Índices iniciais	Valores	ISL
Sustentabilidade Ambiental - ISA	87,2	65,4
Sustentabilidade Socioeconômica - ISS	49,9	
Sustentabilidade Elétrica - ISE	59,1	
Índices recalculados		
Sustentabilidade Ambiental - ISA	87,2	79
Sustentabilidade Socioeconômica - ISS	49,9	
Sustentabilidade Elétrica - ISE	100	

Conforme o estudo de Réus e Andion (2018) o município de Araranguá apresenta um índice médio de desenvolvimento sustentável se comparado aos demais municípios Catarinenses. A comunidade de Ilhas, pertencente ao município de Araranguá, de acordo com os índices da Tabela 11 está inserida nesse contexto, apresentando uma sustentabilidade local superior a 50 (ou seja, acima da média). No entanto, o trabalho de Réus e Andion (op cit) não inclui nenhum fator relacionado a energia. O que reforça a importância do desenvolvimento de ferramentas para mensurar e monitorar esses parâmetros, como a metodologia proposta no presente artigo.

De acordo com Molina (2019) a contribuição da soma da conscientização coletiva com o compromisso dos órgãos governamentais na institucionalização de indicadores de sustentabilidade pode empreender em crescimento econômico por meio de ações sustentáveis. Conforme Shah et al. (2019) as questões de segurança energética e sustentabilidade ambiental podem levar a menor desenvolvimento econômico e maior pobreza. O resultado observado na Tabela 11 é um indicativo de que fontes confiáveis de energia elétrica renovável e custos baixos podem trazer benefícios importantes, melhorando a qualidade de vida das pessoas com acesso a ela, agregando desenvolvimento

e sustentabilidade.

A relação estabelecida no método proposto busca evidenciar o mesmo nível de importância entre os indicadores ambientais, socio-econômicos e também os elétricos. Nestes termos, um acesso confiável e barato a fontes de energia, de preferência renovável, possui a mesma significância de um sistema ambiental em equilíbrio dentro de uma comunidade tradicional. Por isso os indicadores se equivalem, possuindo o mesmo peso para as suas variáveis.

Nesse estudo não foi possível relacionar os benefícios diretos na economia, uma vez que a redução dos gastos com energia poderia representar um impacto positivo na renda da comunidade, incentivando também o comércio local.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa foi desenvolvida a partir da percepção de necessidade de criação de indicadores que pudessem ser transformados em índices de sustentabilidade para pequenas comunidades, as quais muitas vezes se caracterizam como comunidades tradicionais. Através do estudo de caso na comunidade tradicional de Ilhas foi possível perceber sua interação com o meio ambiente, as principais atividades de subsistência e traçar um perfil geral da comunidade. A principal pressão ao meio ambiente destacada foram as construções em locais irregulares e o aumento da população durante a alta temporada, resultado em ISA de 87,2. Em relação ao ISS, baixa renda da população, dificuldade de permanência dos jovens e poucas oportunidades de emprego, refletiram em um ISS de 49,9. A maioria dos residentes apontou insatisfação com o fornecimento de energia elétrica, e a principal queixa foi relacionada as quedas de fornecimento e a baixa qualidade; o ISE obtido foi de 59,1. Considerando o objetivo de propor um ISL que integrasse os aspectos elétricos da localidade, o ISE foi recalculado considerando-se que todas as necessidades elétricas foram atendidas com a implantação de um sistema de GD. Com isso, observou-se um incremento de 13,6% no ISL.

Conclui-se que a metodologia proposta e testada pode ser replicada em outras localidades. O ISL representa uma relevante contribuição na inclusão de indicadores elétricos como fator de sustentabilidade de pequenas comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A.; BRAND, U. Pós-extrativismo e decrescimento: saída do labirinto capitalista. São Paulo: Ed. Elefante, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997). NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro.

BORBA, M. C. V.; GASPAR, N. F. (2010). Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil.

BRASIL. (2012) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C. (2009). Construindo indicadores de sustentabilidade. *Indicadores Econômicos FEE*, 37(1).

CRISTIANO, S. C.; PORTZ, L.; NASSER, P. C.; PINTO, A. C.; SILVA, P. R. D.; BARBOZA, E. G. (2018). Strategies for the management of the marine shoreline in the orla Araranguá project (Santa Catarina, Brazil). In *Beach Management Tools-Concepts, Methodologies and Case Studies* (pp. 735-754). Springer, Cham.

DIEGUES, A. C.; ARRUDA, R. S. V. (2001). Saberes Tradicionais e Biodiversidade no Brasil [Traditional knowledge and biodiversity in Brazil]. Brasília, Brasil: Ministério do meio Ambiente.

DIEGUES, A. C.; VIANA, V. M. (2004). Comunidades Tradicionais e Manejo dos Recursos Naturais da Mata Atlântica. 2ª ed. São Paulo: HUCITEC NUPAUB/CEC.

GRIGOROUDIS, E.; KOUIKOGLOU, V. S.; PHILLIS, Y. A.; KANELLOS, F. D. (2021). Energy sustainability: a definition and assessment model. *Operational Research*, 21(3), 1845-1885. <https://doi.org/10.1007/s12351-019-00492-2>

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. (2009). Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. *Ambiente e sociedade*, 12, 307-323. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200007>

HEZRI, A. A.; HASAN, M. N. (2004). Management framework for sustainable development indicators in the State of Selangor, Malaysia. *Ecological indicators*, 4(4), 287-304. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2004.08.002>

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA. (2017). O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica: edição. 68 p. Disponível em: https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/estudoidealmercadofv2017_web. Acesso em 7 out 2018

LEODORO SILVA, L. L.; CRISTIANO, S. C.; SUNG, C. L.; DAROSA, F. R.; D'AQUINO, C.A. (2019). Percepção da comunidade de Araranguá (SC, Brasil) sobre energias renováveis. In: Anais do 8º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Santa Rosa do Sul, v1. p. 843 – 1125.

LIMA, C. M.; MENDES, M. A.; BATISTA, O. E. (2020, December). Estudo da Estabilidade de Tensão em Sistemas de Distribuição com Alta Penetração de Geração Distribuída. In Congresso Brasileiro de Automática-CBA (Vol. 2, No. 1).

LUCENA, M. A. A. DE; OLIVEIRA, M. G. B.; BEZERRA, I. S. (2015). Consórcio de Energia Solar e Eólica em Áreas Isoladas no Semiárido Paraibano: um estudo de caso em Picuí – PB. Revista Ambiental, [S.I.], v.1, n. 3, p. 115-124.

MCCOOL, S. F.; STANKEY, G. H. (2004). Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy. *Environmental management*, 33(3), 294-305. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0084-4>

MENEZES, C. T. B.; CENI, G.; MARTINS, M. C.; VIRTUOSO, J. C. (2019). Percepção de impactos socioambientais e a gestão costeira: estudo de caso em uma comunidade de pescadores no litoral Sul de Santa Catarina. Brasil. *Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 8, n. 3, p. 457-481. DOI: 10.19177/rgsa.v8e32019457-481

MENSAH, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, 5(1), 1653531. <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531>

MOLINA, M. C. G. (2019). Desenvolvimento sustentável: do conceito de desenvolvimento aos indicadores de sustentabilidade. *Revista Metropolitana de Governança Corporativa* (ISSN 2447-8024), 4(1), 75-93.

DE MORAES, D. C.; DOS SANTOS, M. L.; BALDISSERA, L. B. (2013) A implementação da geração de energia elétrica de forma distribuída como vetor na busca pelo desenvolvimento sustentável. In: Congresso internacional de direito e contemporaneidade: mídias e direitos da sociedade em rede, 2., 2013, Santa Maria. Anais... Santa Maria: [s.n.]. p. 613 - 625.

NARULA, K. (2014). Is sustainable energy security of India increasing or decreasing? *International Journal of Sustainable Energy*, 33(6), 1054-1075. <https://doi.org/10.1080/14786451.2013.811411>

NARULA, K.; REDDY, B. S. (2016). A SES (sustainable energy security) index for developing countries. *Energy*, 94, 326-343. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.106>

OLIVEIRA SARTORI, A. G.; DA SILVA SILOTO, R. (2013). Análise da compatibilidade de indicadores de desenvolvimento humano e sustentável do sistema das Nações Unidas com o Bellagio STAMP. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, (30), 99-110.

PENTEADO, E. J. D. S.; DUARTE, C. G. (2014). Uma avaliação dos Indicadores Ethos a partir dos Princípios de Bellagio. *XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*, 13p.

PEREIRA, M. D. S.; SAUER, L.; FAGUNDES, M. B. B. (2016). Mensurando a sustentabilidade ambiental: uma proposta de índice para o Mato Grosso do Sul. *Interações (Campo Grande)*, 17, 327-338. <https://doi.org/10.20435/1984042X2016215>

PINTÉR, L.; HARDI, P.; MARTINUZZI, A.; HALL, J. (2012). Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. *Ecological Indicators*, 17, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.001>

PURVIS, B., MAO, Y.; ROBINSON, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustain Sci*, 14 (3): 681–695. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>

RABELO, L. S.; LIMA, P. V. P. S. (2008). Indicadores de sustentabilidade: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável. *REDE-Revista Eletrônica do Prodema*, 1(1).

RAZMJOO, A. A.; SUMPER, A.; DAVARPANAH, A. (2019). Development of sustainable energy indexes by the utilization of new indicators: A comparative study. *Energy reports*, 5, 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.03.006>

RÉUS, I.; ANDION, C. (2018). Gestão municipal e desenvolvimento sustentável: panorama dos indicadores de sustentabilidade nos municípios catarinenses. *Desenvolvimento em Questão*, 16(45), 97-117. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2018.45.97-117>

ROSA, F. R. D. (2019). Uso de indicadores para a avaliação da sustentabilidade com enfoque na energia elétrica: estudo de caso da comunidade tradicional de Balneário Ilhas, Araranguá-SC. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Santa Catarina, 84p.

SHAH, S. A. A.; ZHOU, P.; WALASAI, G. D.; MOHSIN, M. (2019). Energy security and environmental sustainability index of South Asian countries: A composite index approach. *Ecological Indicators*, 106, e105507. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105507>

SANTOS, B. S. (2019). *O Fim do império cognitivo: a afirmação das epistemologias do Sul*. Belo Horizonte: Autêntica Editora. 478 p.

SILVESTRINI, T. A.; D'AQUINO, C. A. (2020). Dinâmica dos parâmetros oceanográficos em um estuário impactado por atividades de mineração de carvão. *Pesquisas em Geociências*, 47(3), e103404. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.109992>

SOLIGO, V. (2012). Indicadores: conceito e complexidade do mensurar em estudos de fenômenos sociais. *Estudos em Avaliação Educacional*, 23(52), 12-25. <https://doi.org/10.18222/eaee235220121926>

STOFFEL, J. A.; COLOGNESE, S. A. (2015). O desenvolvimento sustentável sob a ótica da sustentabilidade multidimensional. *Revista da FAE*, 18(2), 18-37.

UNITED NATIONS (2015). General Assembly. Resolution 70/1, 25 september 2015. "Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development". Disponível em: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

VIEIRA, P. V.; CAZELLA, A.; CERDAN, C.; CARRIÈRE, J. P. (2010). Desenvolvimento territorial sustentável no Brasil: subsídios para uma política de fomento. Florianópolis: APED/Secco. 488 p. <https://agritrop.cirad.fr/564067/>