

**RELAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DIANTE DO CLIMA  
REGIONAL PRESENTE E FUTURO COM ENFOQUE NO  
LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE PARCELAMENTO DO SOLO NOS  
MUNICÍPIOS COSTEIROS DO CENTRO NORTE DE SANTA CATARINA**

*RELATION OF LAND USE AND OCCUPATION AGAINST OF THE PRESENT AND FUTURE  
REGIONAL CLIMATE WITH A FOCUS ON THE ENVIRONMENTAL LICENSING OF LAND  
SUBDIVISION IN THE COASTAL MUNICIPALITIES OF THE NORTH CENTER OF SANTA  
CATARINA*

**Dayana Karina Correa da SILVA, Michel Nobre MUZA**

Instituto Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Clima e Meio Ambiente. Avenida Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis – SC. E-mail: dayanakarina@ambiente.eng.br; michel.muza@ifsc.edu.br

Introdução  
Materiais, métodos e técnicas  
Área de estudo  
Uso e ocupação do solo  
Dados climáticos  
Componentes do balanço de energia  
Apresentação de dados  
Discussões, interpretações e resultados  
Conclusões

**RESUMO** - O processo de licenciamento ambiental da atividade de parcelamento do solo a partir de 100 hectares, no estado de Santa Catarina, necessita a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA/RIMA. Quando se trata a questão climática, não há uma abordagem do clima presente nem do clima futuro para que se possa avaliar o prognóstico de implantação do empreendimento. Desta forma, o presente trabalho buscou demonstrar o estudo do clima urbano presente e futuro a ser empregado no licenciamento ambiental na região do litoral centro-norte de Santa Catarina, avaliando os cenários presente e futuro para estimar os impactos ambientais e climáticos, que são importantes serviços climáticos para tomadas de decisão em busca do melhor ordenamento territorial do município. A partir dos cenários, buscou-se a relação do uso e ocupação do solo com a interação da superfície-atmosfera, de forma a verificar se as alterações oriundas da implantação de grandes empreendimentos imobiliários podem ocasionar impactos climáticos em escalas locais a regionais, utilizando as ferramentas de fração efetiva de radiação refletida, fração efetiva de radiação emitida. Além de apresentar o uso da ferramenta CLASS como forma de avaliação de impacto climático pontual na implantação de loteamentos e condomínios de lotes.

**Palavras-chave:** Licenciamento ambiental. Serviços climáticos. Meio ambiente urbano. Clima urbano.

**ABSTRACT** - The environmental licensing process of the land subdivision activity from 100 hectares, in Santa Catarina state, requires the development of the Environmental Impact Study (EIA/RIMA). When the climate issue is addressed, there is no approach about the present or the future climate in order to evaluate the project's implementation prognosis. Therefore, this research presents a study of the present and the future urban climate to be applied in the environmental licensing of the central-north coast region of Santa Catarina, through the evaluation of present and future scenarios to estimate the environmental and climate impacts, which are important climate services for decision-making in search of a better territorial organization in the municipality. Based on these scenarios, the study analyzed the relation between land use and occupation with the surface-atmosphere interaction, in order to verify how the changes caused by the implementation of large real estate projects can generate climate impacts on local to regional scales, these analyses were made using tools as the effective fraction of reflected radiation and the effective fraction of emitted radiation. In addition, it presents the use of the CLASS tool as a way of evaluating the punctual climate impact in the implementation of allotments and condominiums of lots.

**Keywords:** Environmental licensing. Climate services. Urban environment. Urban climate.

## INTRODUÇÃO

O mercado imobiliário do litoral centro-norte de Santa Catarina encontra-se superaquecido, com alta especulação e valorização em terrenos e disponibilidade de grandes glebas passíveis de parcelamento do solo. De acordo com o Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro do Estado, a região é subdividida em cinco setores: norte, centro-norte, centro, centro-sul e sul (GERCO,

2004 *apud* Scherer et al., 2006). Nesse ínterim, o uso do solo destes municípios tem se modificado de forma exponencial, onde áreas rurais tornam-se áreas urbanas.

O êxodo rural foi um dos principais movimentos que ocasionaram o crescimento dos centros urbanos. A migração da população rural para as cidades em busca de novas possibilidades de

emprego ocorreu de forma desregrada, aumentando a degradação ambiental, a precariedade das moradias, a pobreza e a violência.

Apesar deste movimento ter iniciado na década de 40, somente em 2001 que foi promulgado o Estatuto das Cidades, dispositivo legal que prevê instrumentos de ordenamento de uso e ocupação do solo dos centros urbanos, como o plano diretor.

Atualmente, muitos municípios possuem planos diretores ainda jovens, considerando a promulgação do Estatuto tardia e o prazo estipulado pelo dispositivo legal para sua implantação, o que ocasionou a aprovação de parcelamentos de solo de acordo com a Lei Federal n. 6.766/1979 – ainda vigente ou até mesmo implantações totalmente irregulares ou clandestinas.

Complementando a aprovação em atendimento ao plano diretor, outro instrumento de regulação de uso e ocupação do solo e implantação de empreendimentos cuja atividade é parcelamento do solo, é o licenciamento ambiental. A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal nº 6.938/1981, determina que empreendimentos que possuam grau significativo de impacto ambiental devem elaborar um estudo de impacto ambiental a ser apresentado a um órgão competente para a devida avaliação e licenciamento, inclusive para empreendimentos imobiliários.

No estado de Santa Catarina, uma das atividades mais licenciadas pelo Instituto de Meio Ambiente – órgão responsável pelo licenciamento ambiental do estado – é o parcelamento do solo, seja para loteamentos ou condomínios de lotes. De acordo com sua instrução normativa, o porte que exige o estudo mais complexo dentre os estudos pré-definidos no licenciamento ambiental é exigido a partir de 100ha (hectares) de área útil, quando é necessária a apresentação de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Para a elaboração deste estudo é necessária uma equipe multidisciplinar que discorre a partir de um Termo de Referência pré-aprovado pelo órgão ambiental. Dentre os itens, a temática clima é abordada no diagnóstico do meio físico e na avaliação de impacto ambiental, ambos de forma qualitativa, ou seja, não existe uma mensuração do impacto da mudança do uso do solo, mesmo em empreendimentos maiores que 100 hectares na região. Por exemplo, não há parâmetros ou metodologias de estudo para qualificar ou quantificar o impacto que o empreendimento ocasionará, como mudanças na

temperatura do ar e regime de chuvas, ou na geração de ilhas de calor.

Uma das alterações mais decorrentes do processo de urbanização na temática do clima é o desenvolvimento de ilhas de calor, seja por supressão de vegetação, presença de edifícios e superfícies com menor albedo, que também são associados ao aumento da dispersão de Gases do Efeito Estufa (GEE) e à presença de áreas impermeáveis. A retirada de vegetação altera o fluxo de calor da superfície, diminuindo a evaporação do solo. A dispersão de poluentes ocasiona o aumento do fluxo de radiação de onda longa entre a superfície e a atmosfera, especialmente as rugosas – mais presentes em áreas urbanizadas – e a absorção de radiação de onda curta (Gamarra et al., 2014). Estas alterações diminuem a qualidade de vida da população local, o que é possível constatar, já que bairros mais arborizados possuem maior conforto térmico e ambiental e também menos problemas relacionados a alagamentos e inundações (Kawakubo et al., 2019).

Os tipos de superfície encontrados em áreas urbanas, geralmente são compostos por elementos artificiais, com maior capacidade de armazenar energia, interferindo diretamente na dinâmica do meio ambiente local, alterando-o biologicamente, modificando fisicamente todo o ecossistema, como o balanço de energia urbano (Alves & Vecchia, 2012).

O processo de balanço de energia depende dos fatores físico-químicos da interação superfície-atmosfera, como a rugosidade, albedo, emissividade e difusividade. Cada material possui essas características definidas, dessa forma é possível estimar o balanço de energia de uma determinada área (Oke, 1987; Gartland, 2010 apud Alves & Vecchia, 2012). Esses processos ocorrem na camada limite, que é a camada mais próxima à superfície terrestre fortemente influenciada pela complexidade de forças de atrito e cisalhamento, também propensa a transporte de massa, momento e energia, inclusive dispersão de poluentes, por meio de difusão e convecção, e é, especialmente, sujeita ao aquecimento diurno e resfriamento noturno.

Essa avaliação em manchas urbanas é mais complexa. Regiões urbanizadas possuem superfícies heterogêneas, compostas por diversos elementos, o que dificulta uma determinação específica da informação. Para isso, é comum e arbitrado, a partir dos componentes envolvidos, uma média de todos os elementos contidos na

área (Freitas, 2003).

Este estudo propõe investigar a interação de cenários climáticos presentes e futuros sob a interação no uso e ocupação do solo no litoral centro-norte catarinense, analisando os impactos ambientais associados para a implantação de parcelamento de solo, a fim de compreender a influência do clima em regiões urbanas, o

impacto ambiental da mudança do uso e ocupação do solo e a estimativa de crescimento da zona urbana. Ou seja, o objetivo é avaliar cenários de clima urbano para estimar os impactos ambientais e climáticos, que são importantes serviços climáticos para tomadas de decisão em busca do melhor ordenamento territorial de um município.

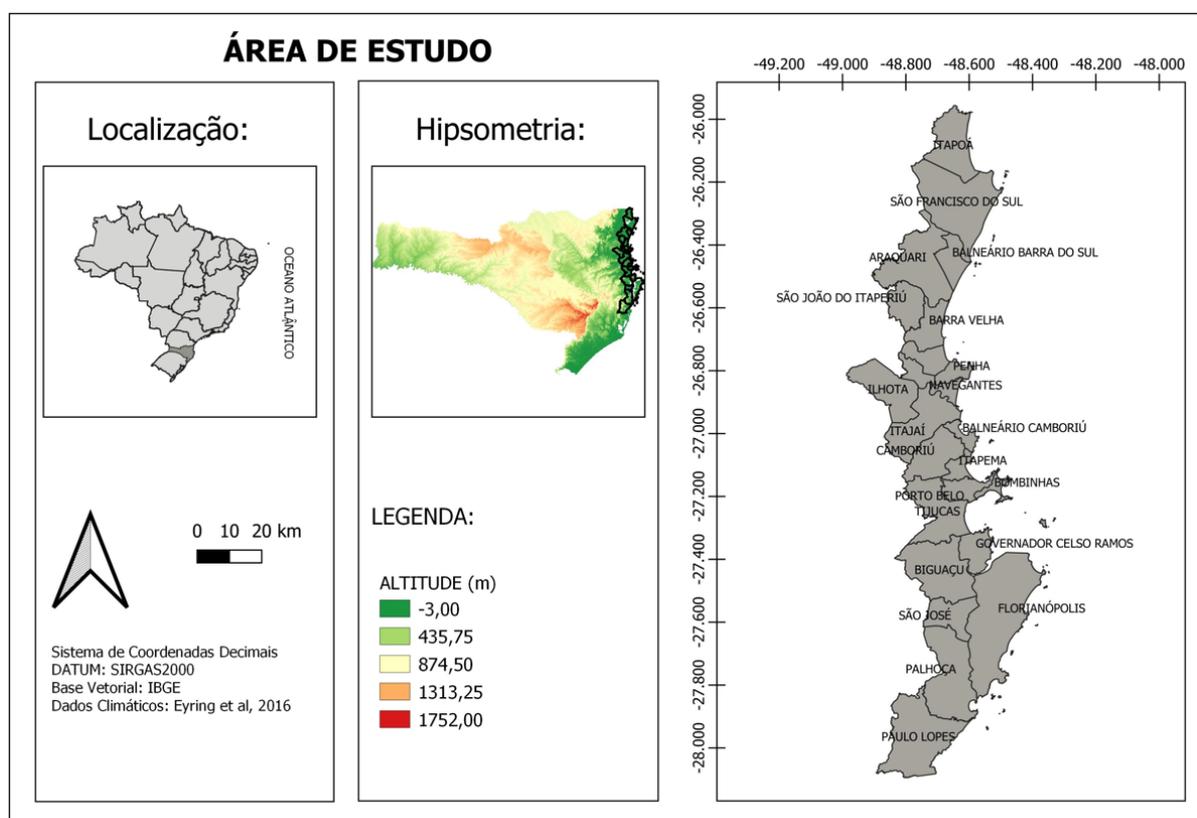
## MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

### Área de estudo

A área de estudo compreende 23 municípios do Sistema Costeiro-Marinho do Estado de Santa Catarina, focado no litoral centro-norte de Santa Catarina, onde ocorre uma intensa pressão do mercado imobiliário para novos empreendimentos.

A região passou por um processo de urbanização que afetou diretamente os fluxos migratórios, ou seja, muitas pessoas buscaram as áreas do litoral, especialmente os municípios da região, devido às oportunidades de empregos e renda, bem como acesso a oportunidades de saúde e serviços, considerando que são cidades com altos Índices de Desenvolvimento Humano

(IDH segundo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, 2000) e Produto Interno Bruto (PIB em R\$ segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2008). A figura 1 apresenta o croqui de localização dos municípios da área de estudo (sentido norte a sul: Itapoá, São Francisco do Sul, Balneário Barra do Sul, Araquari, São João do Itaperiú, Barra Velha, Balneário Piçarras, Penha, Navegantes, Ilhota, Itajaí, Camboriú, Balneário Camboriú, Itapema, Porto Belo, Bombinhas, Tijucas, Governador Celso Ramos, Biguaçu, São José, Florianópolis, Palhoça e Paulo Lopes), na perspectiva do Brasil, a hipsometria do estado de Santa Catarina e a perspectiva da área de estudo.



**Figura 1** – Croqui de localização da área de estudo, considerando o Brasil, estado de Santa Catarina e os municípios em tela, índices médios de radiação anual do clima presente extraídos do WorldClim (Adaptado de Eyring et al., 2016).

A dinâmica migratória intrarregional, presente no Sul do Brasil, foi autora de um dos mais importantes processos de urbanização do estado,

sendo responsável por 72% do fluxo migratório da região. Nos anos 90, o estado absorveu cerca de 35 mil imigrantes, oriundos dos estados

vizinhos (Baeninger, 2000).

### **Uso e Ocupação do Solo**

O uso e ocupação do solo da região foi elaborado a partir das imagens do Satélite Sentinel-2, na data de passagem contemporânea em dia 30 de dezembro de 2020, ilustrando a situação presente. As imagens escolhidas possuem uma resolução espacial de 10 metros para as bandas 2, 3, 4 e 8. A composição RGB utilizada para análise do uso e ocupação do solo foi 4 (*Red*, comprimento de onda central  $\lambda=664.6$  nm), 3 (*Green*,  $\lambda=559.8$  nm) e 2 (*Blue*,  $\lambda=492,4$  nm), respectivamente. O recorte dessas imagens foi delimitado através do arquivo *shapefile* disponível na base cartográfica do IBGE.

O processamento das imagens ocorreu no software QGIS 3.16 com o plug-in SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*), de forma a automatizar a classificação de uso e ocupação do solo a partir de dados amostrais, assim como preparar as imagens para o processamento.

Inicialmente, foram definidos os parâmetros de busca das imagens da região de interesse, busca realizada na função *Download Products* disponível no próprio *plug-in*, e assim, considerando todas as bandas disponíveis.

Após analisar a disponibilidade das imagens, realizou-se o pré-processamento (função: *preprocessing*) das imagens do Sentinel-2, em que consiste no “empilhamento das bandas”, ou seja, é criada a composição RGB que garante a melhor visualização para definição das classes adotadas.

Nesse caso, foram arbitradas cinco classes principais: hidrografia (todos os corpos d’água naturais ou artificiais); vegetação (estágio médio a avançado, com predomínio de espécies nativas); área urbana (áreas urbanas com equipamentos públicos ou não); faixa de areia (faixa de areia de praias, dunas ou terrenos com características de solo arenoso) e áreas com intervenção (áreas que já sofreram alguma intervenção antrópica, seja supressão de vegetação, áreas de mineração, áreas de expansão urbana ou com vocação agrícola).

Ainda na etapa de classificação, são definidas amostras de cada classe pela ferramenta *Create a ROI* e, por fim, através da função *Classification* no menu *Band Processing*, é iniciada a classificação automatizada do uso e ocupação do solo. Uma verificação qualitativa, e os ajustes são adequadamente feitos com base na visualização dos mapas.

### **Dados Climáticos**

Os dados climáticos espacializados em pontos de grade são como "superfícies climáticas" e utilizados em diversas áreas de estudo como

meio ambiente, agricultura e ciências biológicas (Fick et al., 2017).

As superfícies climáticas são disponibilizadas como banco de dados do projeto *WorldClim*, para áreas terrestres globais em que contém dados mensais de temperatura mínima, máxima e média, precipitação de longo prazo, dentre outras variáveis climáticas, que são as forçantes dos modelos de cenários futuros (Hijmans et al., 2005). São compostas por séries temporais de variáveis meteorológicas instrumentais e estimativas de satélite (Fick et al., 2017).

Os dados mensais deste banco de dados vinculado pela WMO (*World Meteorological Organization*), são provenientes de aproximadamente 2400 estações em todo mundo, com cooperação de diversos países (Harris et al., 2014).

As superfícies climáticas utilizadas correspondem a dados climáticos mensais de 1980 a 2000 para o clima presente com resolução espacial de 30 segundos que correspondem a aproximadamente 1 km e para o futuro 2021 a 2100 com resolução espacial de 2,5 minutos, que correspondem a aproximadamente 5 km (Fick et al., 2017). Entre 2001 a 2020 é resguardado como período de *spin-up* para as simulações futuras, que é o tempo que leva para um modelo climático atingir um estado de equilíbrio dinâmico sob as forçantes aplicadas.

As superfícies climáticas disponíveis são: temperatura média, mínima e máxima (na qual se obtém a amplitude térmica), precipitação para o clima presente e futuro; radiação solar, velocidade do vento e pressão de vapor de água somente para o clima presente. Neste estudo, foram utilizadas para o clima presente, considerando o período anual: temperatura média, amplitude térmica e precipitação e temperatura mínima para as estações de inverno e verão, já que as mudanças de uso e ocupação do solo afetam diretamente estas variáveis, visto que a relação entre o tipo de superfície, o albedo e a emissividade são condicionantes para a variação destes elementos.

Para o clima futuro, foram utilizados dados do *Coupled Model Intercomparison Project – CMIP* geridos pelo *World Climate Research Program – WCRP*, que participa da documentação dos relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC* (Su et al., 2021).

Os relatórios demonstram o comportamento dos cenários climáticos futuros, principalmente de acordo com as emissões de Gases de Efeito Estufa, cenários estes denominados (*Shared*

*Socioeconomic Pathway - Representative Concentration Pathway - SSP-RCP).*

Dentre os sete cenários projetados pelos modelos climáticos globais e os inúmeros grupos de modelos disponíveis, foram considerados para o estudo: os cenários SSP245 (representa uma diminuição das emissões mundiais em relação à tendência observada); SSP370 (emissão de média a alta e suas consequências futuras, muito próxima ao cenário mais realístico, mesmo com uma parcial mudança de conceitos da sociedade atual) e SSP585 (aumento significativo das emissões dos gases efeito estufa para atender a demanda da sociedade atual e suas expectativas de crescimento).

**Tabela 1** - Valores de albedo e emissividade, mínimo e máximo para cada classe de uso e ocupação do solo definidas para a região de estudo

Classe de Uso do Solo	Albedo ( $\alpha$ )	$\alpha$ (mínimo)	$\alpha$ (máximo)	Emissividade ( $\epsilon$ )	$\epsilon$ (mínimo)	$\epsilon$ (máximo)
Hidrografia	0,09	0,08	0,1	0,9	0,85	0,95
Vegetação	0,2	0,16	0,26	0,98	0,97	0,99
Área Urbana	0,15	0,05	0,4	0,9	0,85	0,96
Faixa de Areia	0,15	0,05	0,4	0,9	0,85	0,96
Área com intervenção	0,175	0,05	0,4	0,9	0,85	0,96

Fonte Adaptada: Oke (1987) e Brown e Gillespie (1995)

Para a análise dos dados climáticos e sua relação do uso do solo, empregou-se a analogia descrita por Hou et al. (2014), o qual retratou a relação da fração da vegetação por célula de grade para maior homogeneidade dos resultados obtidos pela imagem, desta forma, foi aplicado ao caso, a mesma relação utilizando os albedos de referência, mínimo e máximo, conforme equação (1):

$$RadRef_{Fr} = \frac{RadRef - RadRef_{min}}{RadRef_{max} - RadRef_{min}} \quad (1)$$

Sendo,  $RadRef_{Fr}$  é a fração da radiação refletida;  $RadRef$  é radiação refletida (albedo de referência \* radiação recebida);  $RadRef_{min}$  é a radiação refletida mínima (albedo mínimo \* radiação recebida);  $RadRef_{max}$  é a radiação refletida máxima (albedo máximo \* radiação recebida).

Conceitualmente, a fração da radiação refletida é uma maneira de demonstrar o que foi efetivamente refletido, de forma a realçar e homogeneizar, assim, os valores são comparáveis entre as classes de uso e ocupação do solo.

A emissão de radiação de onda longa foi calculada através da Equação de Stefan-Boltzman (2), em que a energia total radiada por unidade de área superficial na unidade de tempo é diretamente proporcional a quarta potência de

Os modelos utilizados foram o CanESM5, um modelo canadense com sensibilidade climática maior de 5,6 em uma escala de 0 a 6, enquanto o MIROC6, um modelo japonês menos sensível, ou seja, sensibilidade igual a 2,6 (Fick et al., 2017), na qual sensibilidade dos modelos diz respeito a uma métrica de resposta às condições de clima atual simuladas para a concentração de CO<sub>2</sub> dobrada CO<sub>2</sub> (Su et al., 2021).

### Componentes do Balanço de Energia

Com a relação do albedo, com a radiação refletida e a temperatura, buscou-se arbitrar os valores de albedo e emissividade, mínimo e máximo do albedo para cada classe de uso do solo e bibliografia consultada, conforme tabela 1:

sua temperatura. Para os cálculos da emissividade de referência, foram utilizados os dados de temperatura média do clima presente, apresentados mais adiante.

$$W = \sigma * T^4 \quad (2)$$

Sendo,  $\sigma = 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$  (constante de proporcionalidade);  $T$  é a Temperatura em Kelvin.

A partir destes valores, foi definida a seguinte relação para emissividade (Equação 3):

$$W_{\epsilon} = \frac{(W * \epsilon_{tip}) - (W * \epsilon_{min})}{(W * \epsilon_{max}) - (W * \epsilon_{min})} \quad (3)$$

Sendo:  $W_{\epsilon}$  é a fração de radiação de onda longa;  $W$  é a radiação;  $\epsilon_{tip}$  é a emissividade de referência;  $\epsilon_{min}$  é a emissividade mínima;  $\epsilon_{max}$  é a emissividade máxima.

Entre as maneiras de calcular o balanço de energia, é através de modelos de clima em superfície, que são acoplados a modelos de projeções futuras do clima (tal qual os modelos CanESM5 e MIROC6), utilizando variáveis relacionadas mudança e prognósticos do clima, por exemplo, em ambientes florestais, agroecológicos e cidades (Masson, 2006).

Os modelos direcionados a áreas urbanas são sensíveis às mudanças de uso e ocupação do solo, onde são parametrizadas variáveis relacionadas

com a interação superfície e atmosfera (Masson, 2006). Dentre esses modelos, está o CLASS (*Chemistry Land Atmosphere Soil Slab*; Vilà-Guerau de Arellano et al., 2015), que se trata de um modelo simples de balanço de energia, onde a radiação de onda curta recebida é relacionada à posição cronológica anual e geográfica global, já a radiação de ondas longas é relacionada à temperatura da camada limite.

O modelo CLASS é uma ferramenta de software livre baseado em parametrizações de uma série de variáveis, inclusive o fluxo de energia entre as superfícies que foram validadas com dados observados de superfície, estimativas de satélite e dados de reanálise para inicialização do modelo. Sua interface é de fácil utilização e aplicação, trazendo melhor compreensão das retroalimentações da interação entre (micro) clima e superfície de uma determinada região.

Como resultado, o modelo traz o comportamento da camada limite no ciclo diurno, permitindo explorar localmente a interação entre super-

fície e atmosfera. O fluxo de energia, especialmente o calor sensível, latente e do solo, são calculados a partir do albedo, emissividade, temperatura da superfície e cobertura de nuvens. De forma regional, seus resultados possuem um alto grau de incerteza, atendendo as expectativas (Wouters et al., 2019).

Para a verificação do modelo CLASS, foram realizados 12 experimentos, além do *Controle* do modelo. As coordenadas geográficas utilizadas foram extraídas através do centroide da região de interesse (-27.09174; -48.67867); foi considerado o dia do ano 364, relacionando ao dia das imagens de uso e ocupação do solo (30/12/2020), tempo total de 24 horas, ciclo diurno de 12 horas e variação temporal dos dados de 3600 segundos.

Cada experimento teve uma variável alterada a partir do *Controle*, esses dados foram extraídos a partir do clima presente e considerando as mudanças de uso e ocupação do solo para a atividade de parcelamento do solo. As variáveis alteradas estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Experimentos com modelo de superfície CLASS

Experimento	Variável	Detalhamento	Gráfico
0	Controle	Default do modelo	Todos
1	Temperatura Inicial	290,88K (17,33°C)	Gráfico A
2	Radiação	816,11 W/m <sup>2</sup>	Gráfico A
3	Tipo de Cobertura vegetal	Milho	Gráfico A
4	Modelo de Evapotranspiração	A-Gs (plant-phys),	Gráfico B
5	Nuvens	0,5	Gráfico B
6	Tipo de solo	Arenoso	Gráfico B
7	Reações Químicas	Simples	Gráfico C
8	Índice de Área Foliar	1,6	Gráfico C
9	Albedo	0,15	Gráfico C
10	Cobertura vegetal	0,15	Gráfico D
11	Condutividade da superfície	2,6	Gráfico D
12	Coordenada Geográfica	-26,36; -48,69	Gráfico D

### Apresentação de dados

Para análise e avaliação do uso e ocupação do solo, dos cenários climáticos do clima presente e futuro e suas interações, foram elaborados 5 conjuntos de mapas, conforme demonstrado a seguir.

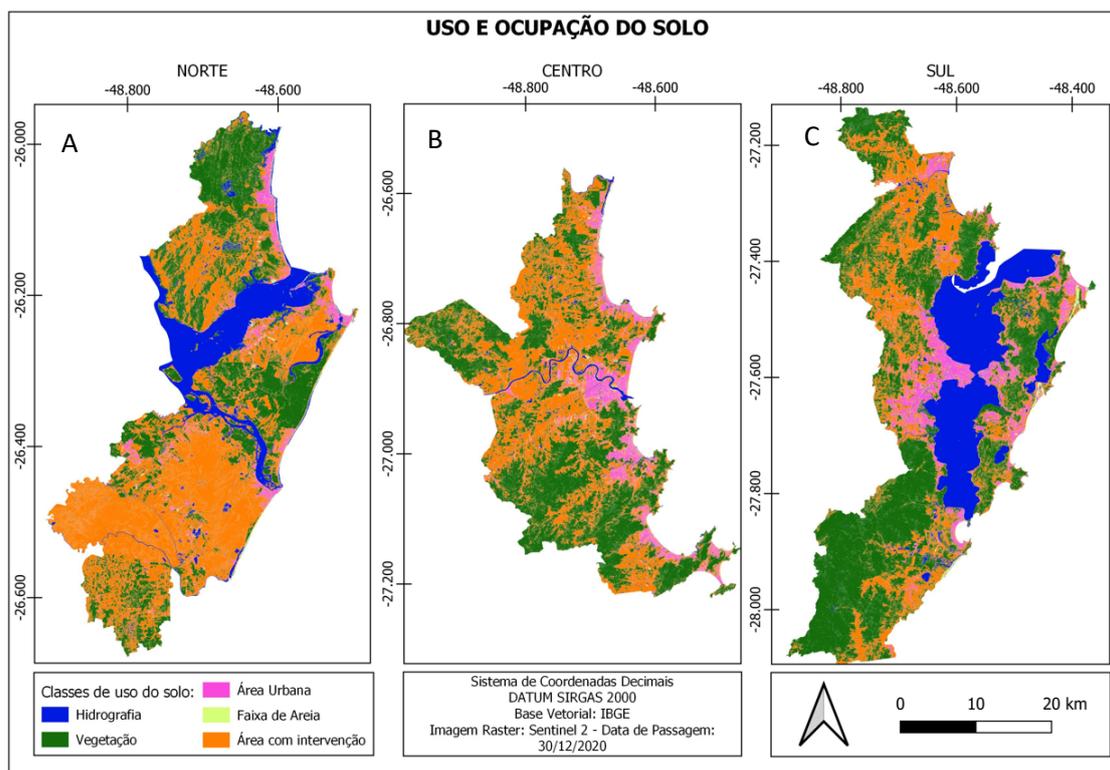
O mapa de uso e ocupação do solo (Figura 2) foi elaborado a partir das imagens extraídas do Satélite Sentinel-2, data de passagem de 30 de dezembro de 2020.

Foram arbitradas cinco classes: hidrografia (todos os corpos d'água naturais ou artificiais); vegetação (estágio médio a avançado, com predomínio de espécies nativas); área urbana (áreas urbanas com equipamentos públicos ou não); faixa de areia (faixa de areia de praias, dunas ou terrenos com características de solo arenoso) e

áreas com intervenção (áreas que já sofreram alguma intervenção antrópica, seja supressão de vegetação, áreas de mineração, áreas de expansão urbana ou com vocação agrícola).

A composição das classes na área norte (A), apresentado na figura 2, correspondem a 36,79% a áreas urbanas; 0,81% a faixa de areia e 50,08% a áreas com intervenção, sendo que a vegetação corresponde a 29,53%. A área de hidrografia é de 15,88%, considerando também a baía da Babi-tonga, uma superfície oceânica, já que a cidade de São Francisco do Sul é uma ilha.

Na área central (B), as classes correspondem a: 43,15% a vegetação; 7,62% a áreas urbanas; 2,04% a faixa de areia; 43,31% a áreas com intervenção e 3,86% a hidrografia.



**Figura 2** – Mapa de uso e ocupação do solo da região de interesse, dividida em 3 áreas: Norte, Centro e Sul.

A área sul (C) tem a composição de classes correspondente a: 44,80% a vegetação; 7,00% a área urbana; 1,11% a faixa de areia; 27,42% a área com intervenção, onde 19,84% é hidrografia que, como o caso da área norte, o município de Florianópolis possui território numa ilha, desta forma considerou-se a superfície oceânica presente.

Os cenários atuais e futuros da temperatura média, estão expostos na figura 3. Os dados para temperatura média também foram extraídos da plataforma *WorldClim*, resultado dos modelos CanESM5 e MIROC6.

Para a análise, a concentração considerada no cenário atual foi de SSP410, de acordo com o Relatório do IPCC de 2021 e para o cenário futuro, foram utilizados três cenários diferentes, relacionados à concentração de CO<sub>2</sub>. Os cenários escolhidos foram: SSP585 (onde ocorreria um aumento significativo da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera); SSP370 (projeção similar de emissão de CO<sub>2</sub> do período atual) e SSP245 (onde é considerado uma estabilidade ou até diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera). As temperaturas médias variaram de 10,9°C a 24,5°C.

Os mapas do conjunto de comparação de amplitude térmica foram extraídos dos dados climáticos do período atual (1980 – 2000) e futuro (2021 – 2040), dos modelos CanESM5 e MIROC6, com as projeções SSP585, SSP370 e SSP245, conforme figura 4. A variação da amplitude térmica nos mapas apresentados está

entre 7,1 a 11.

Os dados de precipitação anual (Figura 5) foram também obtidos pela plataforma *WorldClim*, em que demonstrou na região de interesse uma variação entre 4 faixas de valores, em milímetros: 120 – 130; 131 – 140; 141 – 150; 151 – 160. O comparativo da temperatura mínima nas estações de inverno e verão, do clima presente e futuro, somente com o cenário SSP370, por se tratar de um cenário mais factível, conforme figura 6. As temperaturas mínimas variam entre 6,3 a 22°C e as máximas variam entre 18,1 a 31°C.

O resultado para análise da Fração de Radiação Refletida foi representado através de mapas (Figura 7), subdividindo a região de interesse, conforme já elaborado nos mapas de uso e ocupação do solo. A fração refletida possui uma escala de valores entre 0,20 a 0,60.

Os mapas de fração de onda longa em relação à emissividade demonstram somente duas classes, dividida pelo valor da fração em 0,45 e 0,5, conforme segue na figura 8.

O modelo CLASS gerou 4 gráficos em que cada linha apresenta o ciclo diurno a partir da variável modificada, de acordo com a Tabela 2. Todos os gráficos têm a simulação controle (*Default*) para fins de comparação, o eixo X está relacionado com o tempo do dia, ou seja, 24 horas e o eixo Y é a temperatura de superfície em K (Kelvin).

## DISCUSSÕES, INTERPRETAÇÕES E RESULTADOS

O uso e ocupação do solo da área de interesse (Figura 2) demonstra que a região possui grandes áreas passíveis de parcelamento do solo. Essencialmente são as áreas classificadas com intervenção, visto que essas glebas possuem um passivo que facilitaria o licenciamento ambiental, devido a não necessidade de ingressar com o processo de supressão de vegetação, por exemplo.

A região norte (Figura 2A) é a região que mais possui áreas que já sofreram alteração antrópica (50,08% da área total analisada) e é a região que menos possui cobertura vegetal (29,53%).

Em relação à classe de mancha urbana, é percebido que os conglomerados urbanos estão concentrados nas faixas litorâneas, especialmente nas regiões que compreendem os municípios de Itapoá e São Francisco do Sul, ambas com a principal economia baseada no transporte portuário e outros serviços.

A cobertura vegetal na região compreende parte da Serra do Mar, na porção mais ao norte da região, e um fragmento inserido no município de São Francisco do Sul relacionado ao Parque Estadual do Acaraí. A faixa de areia está relacionada somente com a área de praias da região. Na hidrografia é possível verificar, além da porção oceânica, os principais rios da região, como Rio Cubatão e o Rio Itapocu.

A porção central da região de estudo (Figura 2B) possui 43,31% de áreas que já sofreram algum tipo de intervenção antrópica. Ainda há disponibilidade de glebas passíveis de parcelamento do solo. Suas áreas urbanas concentram-se na região de praias, com uma expansão ao interior, maior nos municípios de Itajaí, Navegantes, Balneário Camboriú e Camboriú. Estes municípios são um polo econômico forte na região de interesse, com vocação para a área logística e de turismo.

Em relação à classe de vegetação, a porção central é a que possui menor cobertura, apesar da presença do Refúgio de Vida Silvestre em Itapema e três unidades de conservação em Bombinhas (Parque Natural Municipal Morro do Macaco, Parque Natural Municipal da Galheta e a Área Costeira de Zimbros). Assim, como na porção norte, a faixa de areia está relacionada às praias da região. Quanto à hidrografia, é possível observar o principal rio da região, o Rio Itajaí-Açu.

A região sul, representada na figura 2C, possui a mais baixa porcentagem de cobertura classificada como área de intervenção e, apesar da capital do estado estar inserida nesta área, também possui somente 7% de área urbana consolidada, concentrada especialmente na porção continental de Florianópolis e os municípios de São José, Biguaçu e Palhoça.

Há uma grande porção de vegetação na região, especialmente pela presença do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e do Parque Estadual do Rio Vermelho. Outrossim, algumas áreas vegetadas em termos de relevo, com a presença de morros, o que dificulta a intervenção antrópica em parte, podendo também ser enquadradas como Áreas de Preservação Permanente.

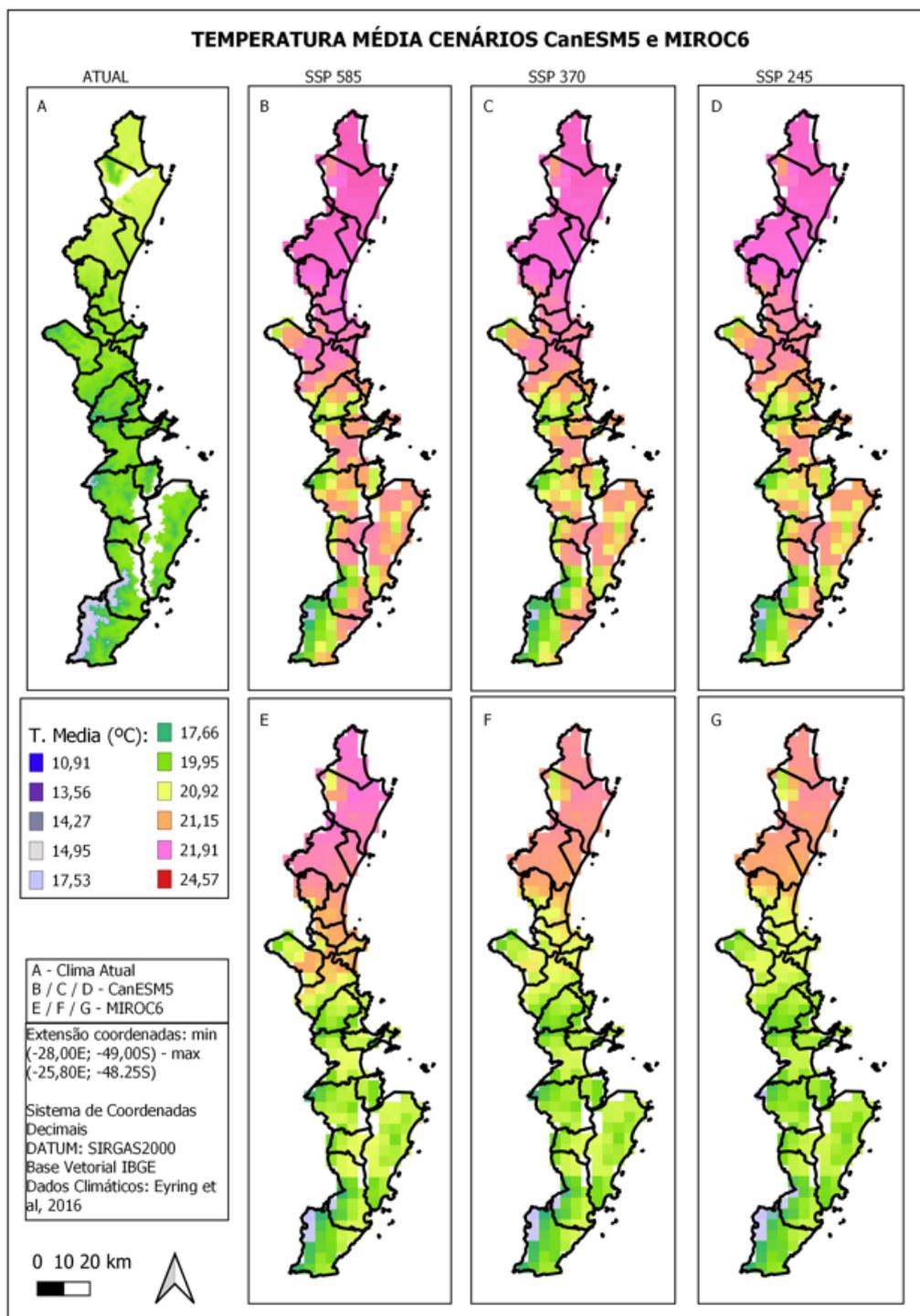
Além da faixa de areia de praias, é possível observar as dunas da praia da Joaquina em Florianópolis.

A classe da hidrografia demonstra as lagoas do município de Florianópolis (Lagoa da Comceição, Lagoa do Peri, Lagoa Pequena) e também a porção oceânica, já que a capital do estado possui maior extensão geográfica em uma ilha.

Os modelos globais apresentam a dinâmica do clima na escala global, assim sendo, para o estudo foi utilizado um único recorte da região de interesse, considerando os cenários de emissão dos gases do efeito estufa, SSP245; SSP370 e SSP585 dos modelos CanESM5 e MIROC6.

As alterações consistem em um aumento da amplitude térmica em grande parte da área de estudo, tendo um comportamento inverso na área sul, temperatura média e a temperatura máxima e das estações de inverno e verão. No tocante à precipitação, os modelos mostram uma leve divergência, onde o CanESM5 indica uma escassez com o aumento do CO<sub>2</sub>, e o MIROC6 mostra um aumento da precipitação com o mesmo aumento de CO<sub>2</sub>. Entretanto, considerando o volume anual, não há alterações significativas, porém, o regime de chuvas tem a propensão a ser mais intenso e a frequência menor.

É verificado um gradiente em relação à latitude na variação da temperatura média (Figura 3) em toda a área de estudo, sendo possível perceber no cenário atual e nos cenários futuros dos dois modelos. Houve influência da Serra do Tabuleiro, no extremo sul da área de estudo.



**Figura 3** – Dados climáticos do clima presente e dos cenários SSP585, SSP370 e SSP245 dos Modelos CanESM5 e MIROC6, limitados pelos vértices da região de interesse TEMPERATURA MÉDIA ANUAL.

É verificado um gradiente em relação à latitude na variação da temperatura média (Figura 3) em toda a área de estudo, sendo possível perceber no cenário atual e nos cenários futuros dos dois modelos. Houve influência da Serra do Tabuleiro, no extremo sul da área de estudo.

Em relação aos cenários futuros (Figura 3B/C/D), o modelo CanESM5 apresentou um aumento da temperatura média de 2 a 4°C, nos cenários de SSP585, SSP370 e SSP245. Dentre os cenários, não há variações significativas da

temperatura média.

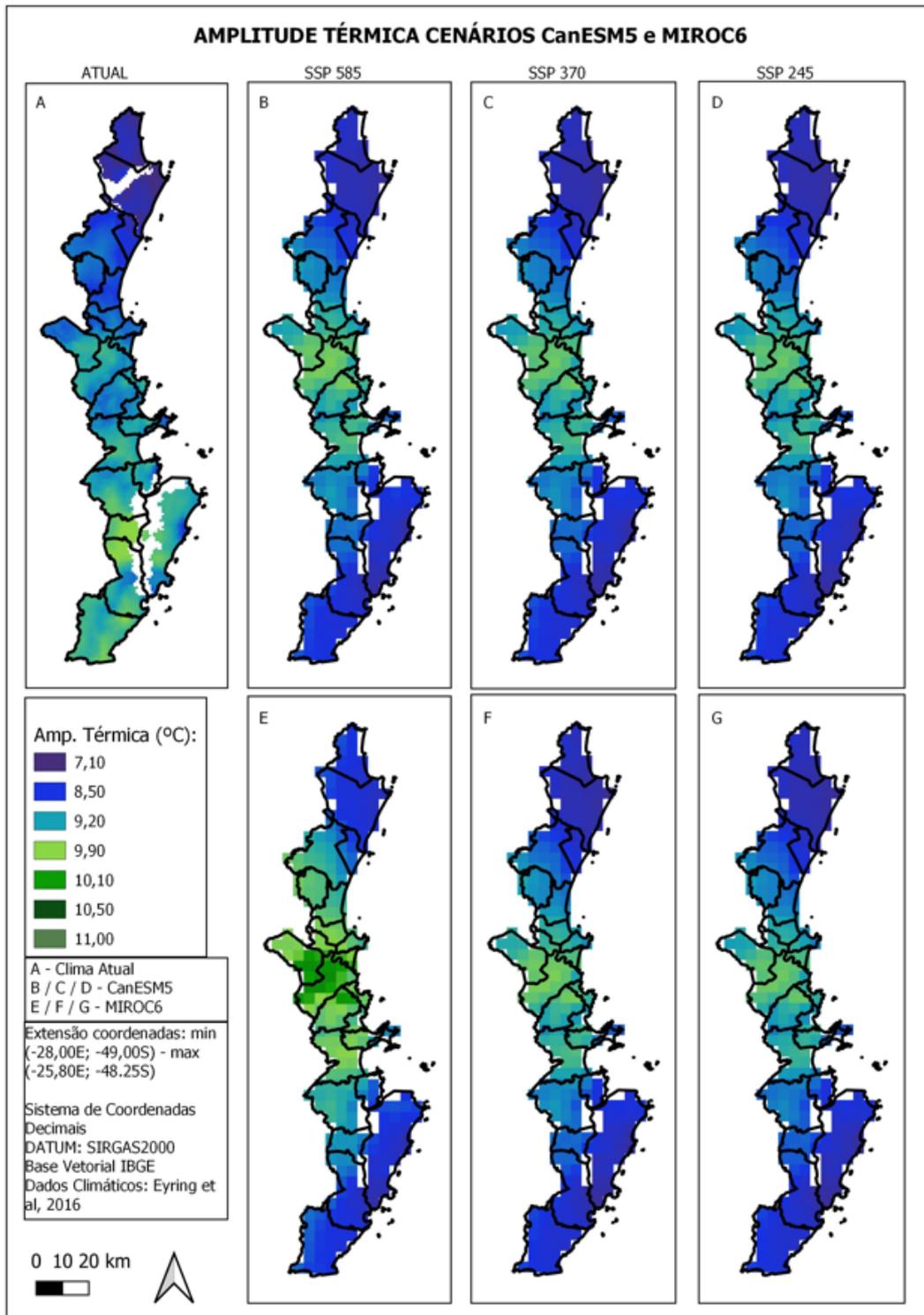
Para os cenários futuros projetados pelo modelo MIROC6 (Figura 3E/F/G) também é verificada uma diferença discreta, além da influência da topografia, tal qual os cenários dos modelos do CanESM5 e o atual.

A variação da temperatura média entre o cenário atual e os cenários resultantes desse modelo está em torno de 2°C. Apesar da similaridade dos resultados entre as concentrações de CO<sub>2</sub>, o cenário SSP585 possui a maior variação, especialmente

em áreas com maior população. É constatado que no modelo CanESM5 há uma homogeneização dos valores de temperatura média, especialmente na porção norte, de Itapoá a Araquari, e uma variação pontual nas demais regiões de interesse. No modelo MIROC6 ocorre uma variação da temperatura média ao norte (de Itapoá a Araquari)

e uma homogeneização nos demais municípios.

No cenário atual (Figura 4A) é verificada uma amplitude térmica maior em regiões mais urbanizadas, com enfoque especialmente nas regiões da Foz do Rio Itajaí-Açu e Grande Florianópolis (ambos ocorreram na faixa de 9,20 a 9,90°C).



**Figura 4** – Dados climáticos do clima presente e dos cenários SSP585, SSP370 e SSP245 dos Modelos CanESM5 e MIROC6, limitados pelos vértices da região de interesse – AMPLITUDE TÉRMICA ANUAL.

Ao Norte, nos municípios de Itapoá, São Francisco do Sul, Balneário Barra do Sul e Araquari, é verificada uma amplitude térmica que varia entre 7,10 a 8,50°C.

Na porção central, que compreende os municípios de Navegantes, Itajaí, Ilhota, Balneário Camboriú e Camboriú, é percebido a amplitude térmica, que varia entre 8,50 a 9,20°C. Apesar de possuir uma área urbana pequena em termos de extensão territorial, o seu adensamento é considerável, por ter municípios populosos, possuem uma cobertura vegetal extremamente baixa (com exceção do município de Ilhota). Essas características podem ter relação nas amplitudes térmicas mais altas, visto que as atividades antrópicas podem influenciar nesta variável.

Ao sul (área que compreende a Serra do Tabuleiro), apesar de características similares à porção norte da região de estudo, é verificado uma amplitude térmica maior, variando entre 8,50 a 9,20°C, sendo possível relacionar que as regiões adjacentes possuem um adensamento urbano muito maior que a região norte, tendo influência na amplitude térmica dessa região.

No cenário futuro, projetado pelo modelo CanESM5 (Figura 4B/C/D), para as três concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera é verificado um discreto aumento em relação ao cenário atual, ainda é possível constatar que os três cenários possuem projeções similares.

Há uma relação com as regiões mais populosas e com maior concentração de atividades antrópicas, já que se observa na região da Foz do Rio Itajaí-Açu e na região da Grande Florianópolis uma menor amplitude térmica.

O uso e ocupação do solo também influenciou nos resultados, sendo que as regiões com maior cobertura vegetal possuem variações menores que as regiões que já tiveram algum tipo de intervenção antrópica e as que são de áreas urbanas.

Nas projeções de cenários futuros resultantes do modelo MIROC6 (Figura 4E/F/G) já ocorrem uma variação entre os cenários de concentração de CO<sub>2</sub>, especialmente na região da Foz do Rio Itajaí-Açu, onde a amplitude térmica alcança o maior valor na concentração SSP585, abrangendo o valor de 11°C. Entre os cenários SSP370 e SSP245 não ocorre mudanças significativas entre si e entre o cenário atual.

Em comparação ao cenário atual, a região que compreende os municípios ao norte da área de estudo, possuem um aumento de 7,10 para 8,50°C no cenário SSP585, e nos cenários SSP370 e SSP245 ocorrem variação da amplitude térmica menor e semelhante ao modelo CanESM5.

Na porção que compreende a região

metropolitana de Florianópolis, para os três cenários, ocorre uma diminuição da amplitude térmica e até mesmo uma homogeneização de toda a região.

O modelo MIROC6 é menos sensível (2,6) quando comparado com o modelo canadense (5,6), dessa forma, somente na região da Foz do Rio Itajaí-Açu que se pode verificar uma relação entre a amplitude térmica com o adensamento urbano, visto que na região da Grande Florianópolis, diferente do resultado dos mesmos cenários projetados pelo modelo CanESM5, ocorre até uma diminuição da amplitude térmica quando comparado ao cenário atual.

É interessante observar que ambos os modelos projetaram nas regiões, com maior cobertura vegetal, uma diminuição da amplitude térmica nos três cenários, especialmente na região que compreende a Serra do Tabuleiro e área costeira adjacente.

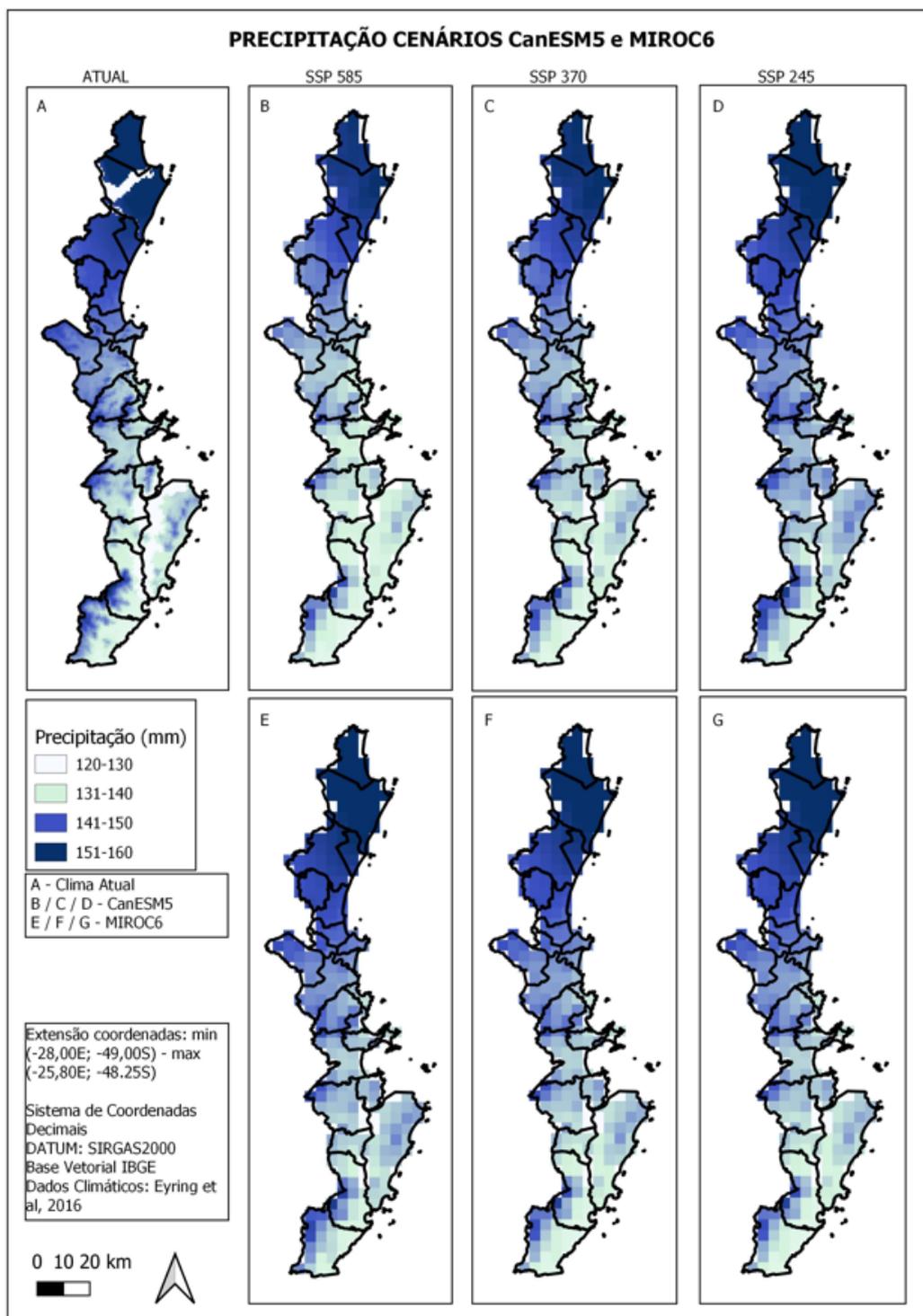
Os cenários dos dois modelos não apresentam modificações tão profundas em relação ao volume de chuvas, considerando uma média anual (Figura 5). Nesta região é possível verificar a influência da topografia, como ao norte, a ocorrência da Serra do Mar, e ao sul, a Serra do Tabuleiro, ocasionam um maior volume de chuvas, seja no clima presente, seja nas projeções futuras.

Nos cenários do modelo CanESM5, há uma intensidade maior no índice de chuvas no cenário de SSP245, com enfoque na região da Grande Florianópolis e na região da Foz do Rio Itajaí-Açu. Já entre as projeções de SSP585 e SSP370, a variação é discreta, mesmo quando comparado ao cenário atual; ainda na Ilha de Santa Catarina, o cenário SSP585 ocorre uma diminuição na média de volume de chuvas.

A região que possui o maior volume de chuvas, seja no cenário atual, quanto nos cenários futuros é a porção norte da área de interesse, possui influência da Serra do Mar.

Os resultados do modelo MIROC6 possuem uma variação discreta em relação ao cenário atual, ou seja, o índice de volume de chuvas permaneceu semelhante nos três cenários.

Os resultados apresentados em relação à precipitação possuem uma relação direta com a amplitude térmica, possibilitando verificar uma similaridade entre os mapas. Foram utilizados o cenário SSP370 do modelo CanESM5 por se tratar de um modelo mais sensível e de um cenário mais factível.



**Figura 5** - Dados climáticos do clima presente e dos cenários SSP585, SSP370 e SSP245 dos Modelos CanESM5 e MIROC6, limitados pelos vértices da região de interesse **PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL**.

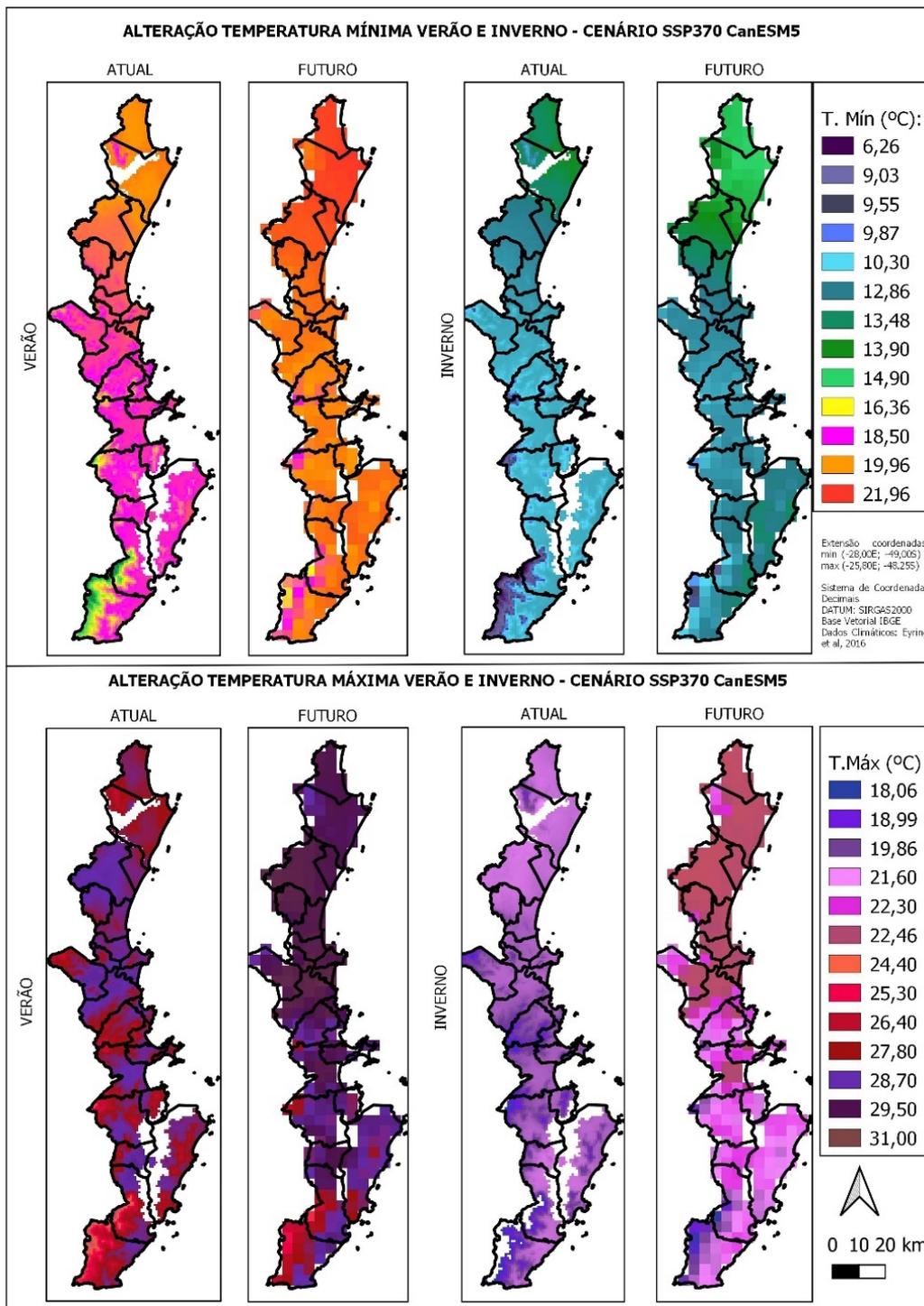
Em relação à temperatura mínima, no verão, ocorre um aumento em torno de 3°C, e o cenário futuro traz uma expansão homogênea, com temperaturas em torno de 19,96 a 21,96°C (Figura 6).

Quando analisado as temperaturas mínimas, no inverno, é percebido uma relação direta com a topografia, além do aspecto latitudinal apresentado nos resultados da temperatura média. Ocorre também um aumento desses valores, em torno de 2 a 3°C. A temperatura

mínima do inverno é menor em áreas mais vegetadas, quando se compara com os mapas de uso e ocupação do solo.

Em relação à temperatura máxima, no cenário futuro ocorre um aumento com uma expansão de forma homogênea, especialmente, na porção norte e central, tanto no verão quanto no inverno.

No cenário atual, no verão, é possível verificar uma relação com os maciços de vegetação, porém, no cenário futuro, não é verificado essa relação.



**Figura 6** – Mapas demonstrando as alterações mínimas das estações de inverno (*junho a agosto*) e verão (*dezembro a fevereiro*) da região de interesse, considerando o cenário SSP370 do modelo CanESM5.

No inverno, é verificada a influência da latitude e da topografia, mas, ao verificar a região da grande Florianópolis, é percebida uma sobreposição entre a mancha urbana (extremamente adensada) e uma temperatura máxima maior do que as áreas adjacentes.

Por se tratar de modelos globais, os dados de entrada em relação à superfície, como o uso e ocupação do solo, são referentes a uma escala espacial maior e refere-se ao clima de grande escala.

Cabe salientar que os modelos globais apresentam um efeito médio anual e suas projeções climáticas tendem ao equilíbrio do balanço de energia, desta maneira, a concentração de CO<sub>2</sub> é a principal variável de entrada alterada, e todas as demais tendem a buscar um novo equilíbrio.

As componentes do balanço de radiativo foram investigadas em relação de Fração efetiva de Radiação Refletida e Fração efetiva de Radiação de Onda Longa, para uma avaliação regional.

No estudo foram definidos os albedos de refe-



Na análise da fração de radiação refletida, a equação que inclui os albedos de referência, mínimo e máximo correspondem ao que é refletido pelo uso do solo, de forma a tornar-se um valor homogêneo e passivo de comparação entre as classes pré-estabelecidas, especialmente devido aos diversos valores de albedo encontrados em cada classe correspondente.

O conceito foi buscar além dessa homogeneidade e o realce das classes, um valor que fosse possível ser comparado entre as classes de uso e ocupação do solo. Além disso, a área de hidrologia exemplifica a métrica da Fração da Radiação Refletida, pois o intervalo do albedo da água é pequeno e se o albedo de referência fosse máximo, a Fração da Radiação Refletida seria igual a 1. Isso corresponderia ao regime diurno do balanço de energia sobre a água, na qual quase todo o saldo de radiação é absorvido pela camada de água.

Ressalva-se que, não necessariamente, o resultado da Fração Efetiva da Radiação Refletida resulta na sobreposição do uso e ocupação do solo, por exemplo, ao observar o ponto, na área norte (Coordenada Geográfica: -26,5S; -48,8W), é possível verificar plantio de eucalipto ou pinus, porém a fração efetiva da radiação refletiva é em torno de 0,3, mesmo sendo caracterizada como área com intervenção.

A variação de albedo das classes de uso e ocupação do solo são diretamente ligadas aos componentes encontrados na região classificada. Desta maneira constata-se que as áreas urbanas e áreas com intervenção possuem uma diferença maior entre os valores mínimo e máximo, devido à diversidade de superfícies encontradas nesta classe.

As áreas urbanas ficaram destacadas na representação dos resultados da Fração de Radiação Refletida, sendo possível constatar que as áreas urbanas possuem menor fração de radiação refletida (0,20 – 0,30), ou seja, são áreas com maior absorção da radiação solar, o que resulta em aumento de temperatura. De fato, as áreas classificadas como faixa de areia têm albedo de referência equivalente a áreas urbanas, por isso ambas as classes possuem similar resultado.

No que se refere à classe de área de intervenção, o valor da Fração de Radiação Refletida encontrado foi de 0,35, demonstrando uma menor absorção de radiação e um aumento da temperatura.

A vegetação gerou o valor de 0,40, isso devido ao menor intervalo entre os valores de albedo mínimo e máximo, sendo, o maior valor entre as

áreas de uso do solo, com exceção da água que possui o valor de 0,50, ou seja, é a classe com menor absorção de radiação e aumento de temperatura. Por conseguinte, a vegetação apresenta as condições de Fração efetiva da Radiação Refletida mais semelhante ao da área de hidrologia. Isto ocorre, principalmente, devido à pequena amplitude de albedos da vegetação, que é uma característica observada tanto para florestas quanto para vegetação menos vigorosa, e, até mesmo, para vegetação de pequeno porte. A vegetação além de refletir a energia, ela absorve e a aprisiona, o que indica que o saldo de radiação é armazenado no solo e nas árvores.

Toda a energia que provém da radiação solar (radiação de onda curta) possui um equilíbrio com a radiação solar emitida pela Terra (radiação de onda longa) (Taschetto, Wainer, 2003). Dependente da nebulosidade, cobertura de nuvens, a radiação de onda longa torna-se a principal forçante do efeito estufa.

Ao observar os valores de emissividade, é verificado que as classes de uso e ocupação do solo de hidrografia, área urbana, área com intervenção e faixa de areia possuem valores semelhantes, o que resultou em dois valores de fração de radiação de onda longa (0,45 e 0,50).

A classe vegetação possui alta emissividade e um intervalo restrito, à vista disso o resultado destaca as regiões que possuem maciço vegetal, que aumenta a Radiação de Onda Longa Emitida efetiva e conseqüente perda radiativa da superfície. Quando há uma cobertura vegetal, há um armazenamento bioquímico devido à fotossíntese e o armazenamento físico de folhas, caules e água.

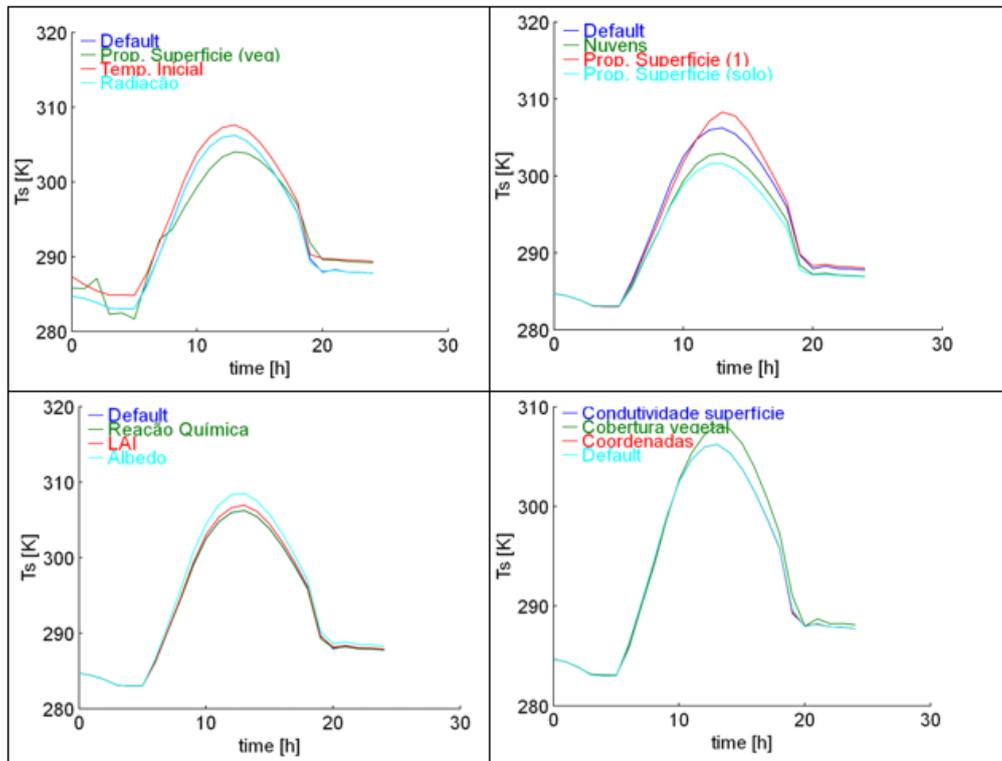
Logo, os resultados das relações das Frações de Radiação Refletida e Frações da Radiação de Onda Longa demonstram que as características de cada tipo de uso e ocupação de solo interferem na dinâmica do balanço de energia, ocasionando alterações na temperatura, amplitude térmica e regime de chuvas e no regime diário de temperatura.

O modelo CLASS trouxe a possibilidade de avaliar o ciclo diurno e a amplitude térmica de um determinado ponto geográfico, ou seja, o modelo pode ser utilizado para a avaliação da alteração do uso e ocupação do solo, por exemplo.

A figura 9A apresenta as curvas dos experimentos 0 (azul), 1 (vermelho), 2 (ciano) e 3 (verde). As curvas dos experimentos 0 e 2 se coincidiram. A curva do experimento 1 teve o

deslocamento relacionado à temperatura inicial alterada, porém possuindo o mesmo comportamento que as curvas 0 e 2. A curva do experimento 4 possui um pico de aproximadamente 2°K a

partir da segunda hora do dia, descendendo até 6°K, até a terceira hora. Após esse comportamento, a curva permanece relativamente estável e acompanha as demais curvas do grupo.



**Figura 9** – Gráficos que demonstram as curvas de temperatura de superfície do ciclo diurno, a partir dos experimentos realizados no modelo de superfície CLASS.

A figura 9B apresenta as curvas dos experimentos 0 (azul), 4 (vermelho), 5 (verde) e 6 (ciano). O experimento 4 teve o maior pico de temperatura de superfície, como também o menor resfriamento no menor do dia, valores similares ao experimento 0. Os experimentos 5 e 6 tiveram comportamentos similares, com temperaturas mais baixas que o experimento 0.

A figura 9C apresenta as curvas dos experimentos 0 (azul), 7 (verde), 8 (vermelho) e 9 (ciano). Todas as curvas tiveram comportamento muito semelhantes, sendo a curva do experi-

mento 7 e do experimento 0, idênticas. A curva do experimento 8 possui comportamento similar as curvas do experimento 0, porém seu pico de temperatura é maior. O experimento 9 apresentou o maior pico de temperatura e também a maior temperatura após o resfriamento.

A figura 9D apresenta as curvas dos experimentos 0 (ciano), 10 (verde), 11 (azul) e 12 (vermelho). As curvas dos experimentos 0, 11 e 12 foram idênticas, sendo que somente a curva do experimento 10 possuiu comportamento diferente, com pico maior de temperatura.

## CONCLUSÕES

A alteração do uso e ocupação do solo interfere diretamente nas principais variáveis climáticas, como amplitude térmica, temperatura e precipitação, uma vez que uma determinada área tem sua classe de uso do solo modificada, ocorre a alteração de suas características, como o albedo e a emissividade, que por sua vez modifica o balanço de energia na interação superfície-atmosfera.

Somente os dados provenientes dos modelos globais, devido a sua abrangência não são suficientes para a avaliação de impacto ao clima

decorrente do uso e ocupação do solo de uma determinada região, sendo necessária uma avaliação mais pontual, como as propostas descritas no artigo. Cabe ressaltar que os modelos trazem a climatologia de 20 anos, apesar de uma variação mínima, e podem acarretar mudanças significativas a longo prazo, o que provoca impactos ambientais.

Experimentos com simulações climáticas simplificadas trazem a possibilidade de verificar as alterações nas variáveis que compõe o balanço de energia na interação superfície-atmosfera. Os

experimentos foram capazes de mostrar essas modificações no clima regional, ou seja, os dados de entrada nesta escala regional avaliam modificações no regime diário da temperatura do ar e torna-se uma avaliação quantitativa para o processo de licenciamento ambiental para a implantação de um loteamento.

Em relação ao processo de licenciamento ambiental, os dados originados a partir dos modelos globais estão disponíveis para que sejam trabalhados por qualquer pesquisador, podendo ser utilizados para a elaboração do EIA, considerando os dados uma maneira de representar o clima no estudo (no caso, 2021 a

2040), ou seja, é um diagnóstico presente e futuro do local em que o empreendimento será implantado, de forma a atender ao capítulo de diagnóstico do meio físico dos termos de referência do EIA.

Para a avaliação do impacto ambiental, considerando a alteração no clima, as relações de Fração de Radiação Refletida e Fração de Radiação de Onda Longa podem servir de dados de entrada, para uma futura metodologia de avaliação na alteração das variáveis climáticas devido à implantação de empreendimentos imobiliários de grande porte, como parcelamento de solo.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E.D.L. & VECCHIA, F.A.S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental / Influence of different surfaces on the temperature and energy flux: an experimental trial. **Revista Ambiência**, v. 8, n. 1, p. 101–111, 2012.
- BAENINGER, R. Novos Espaços da Migração no Brasil: Anos 80 e 90. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, XII, 2000. **Anais**. v. 0, n. 0, p. 1–28, 2000. Disp. em: <http://www.abep.org.br/~abeporgb/publicacoes/index.php/anais/article/view/980/945>. Acesso em: 20ago2021.
- BRASIL. **Estatuto das Cidades**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm), 2001. Acesso em: 03mar2021.
- BRASIL. **Lei Parcelamento do Solo**. [S.l.: s.n.]. Disp. em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm). 1979. Acesso em: 03mar2021.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017.
- FREITAS, E.D. **Circulações Locais em São Paulo e sua Influência sobre a Dispersão de Poluentes**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas) - Instituto De Astronomia, Geofísica E Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo.
- GAMARRA, N.L.R.; CORREA, M.P.; TARGINO, A.C.L. Utilização De Sensoriamento Remoto Em Análises De Albedo E Temperatura De Superfície Em Londrina – PR: Contribuições Para Estudos De Ilha De Calor Urbana. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 537-550, 2014
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução: 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 248 p., 2010.
- HARRIS, I.; JONES, P.D.; OSBORN, T. J.; LISTER, D.H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 3, p. 623–642, 2014.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.
- HOU, M.; HU, Y.; HE, Y. Modifications in vegetation cover and surface albedo during rapid urbanization: A case study from South China. **Environmental Earth Sciences**, v. 72, n. 5, p. 1659–1666, 2014.
- IMA. **Instrução Normativa 03 – Parcelamento do solo urbano**. Disp. em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>, 2019. Acesso em: 02mar2021.
- IPCC, 2021: **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.
- KAWAKUBO, F.S.; MARTINS, M.H.; MARTINES, M.R.; MORATO, R.G. Mapeamento De Superfícies Impermeáveis Em Áreas Urbanas Utilizando Análise de Mistura Espectral, p. 391–394, In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. **Anais...** Santos: INPE, 2019.
- MASSON, V. Urban surface modeling and the meso-scale impact of cities. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 84, n. 1–3, p. 35–45, 2006.
- OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. New York: Routledge, 435 p., 1987.
- SCHERER, M., FERREIRA, C., MUDAT, J., CATANEO, S. Urbanização e Gestão do Litoral Centro-Sul do Estado de Santa Catarina. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, p. 31–50, 2006.
- SU, B.; HUANG, J.; MONDAL, S. K.; ZHAI, J.; WANG, Y.; WEN, S.; GAO, M.; LV, Y. JIANG, S.; JIANG, T.; LI, A. Insight from CMIP6 SSP-RCP scenarios for future drought characteristics in China, **Atmospheric Research**, v. 250, n. November 2020.
- TASCHETTO, A.S. & WAINER, I. A influência dos gases estufa no oceano Atlântico Sul: estudo climatológico. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, n. unico, p. 39–54, 2003.
- VILÁ-GUERAU DE ARELLANO, J.; VAN HEERWAARDEN, C.C.; VAN STRATUM, B.J.H.; VAN DEN DRIES, K. **The Atmospheric Boundary Layer**, Cambridge University Press, 2015.
- WOUTERS, H.; PETROVA, I.Y.; VAN HEERWAARDEN, C.C.; DE ARELLANO, J.V.G.; TEULING, A.J.; MEULENBERG, V.; SANTANELLO, J.A.; MIRALLES, D.G. Atmospheric boundary layer dynamics from balloon soundings worldwide: CLASS4GL v1.0. **Geoscientific Model Development**, v. 12, n. 5, p. 2139–2153, 2019.

Submetido em 4 de fevereiro de 2022

Aceito para publicação em 24 de fevereiro de 2023