

## **DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS PELA MINERAÇÃO DE CARVÃO NO SUL DE SANTA CATARINA**

Melissa Franzen<sup>1</sup>; Albert Teixeira Cardoso<sup>2</sup>; Marlon Hoelzel<sup>2</sup>; Lindomar Santos<sup>2</sup>

Resumo: A mineração de carvão na região sul de Santa Catarina, com mais de um século de existência, é um importante pilar econômico para os municípios ali presentes. Contudo, até a década de 80, as atividades de extração e beneficiamento desse minério foram realizadas sem os controles ambientais devidos. Por tais motivos, o Ministério Público Federal moveu em 1993 uma Ação Civil Pública para que os responsáveis executassem a recuperação ambiental das áreas degradadas. Após a primeira sentença, ocorridas no início dos anos 2000, tiveram início diversos estudos, os quais vieram agregando informações a respeito do meio físico, químico e biológico das áreas. Como continuidade de tais estudos, este trabalho teve como objetivo delimitar as áreas afetadas pelas atividades ligadas à mineração de carvão na Sul Catarinense. Foi utilizada, como unidade de referência, a Ottobacia e, em ambiente SIG, sobrepostas a esta unidade, foram inseridas informações de fontes de contaminação: bocas de minas abandonadas, áreas de disposição de material estéril e rejeito, pátios de empresas, etc. Dessa forma, as Ottobacias foram demarcadas até a foz do rio principal. As Ottobacias afetadas resultaram em uma área de aproximadamente 2.755 km<sup>2</sup>, cobrindo parcialmente as bacias hidrográficas dos Rios Araranguá e Tubarão e completamente a do Rio Urussanga. A delimitação das áreas afetadas pela mineração de carvão pode ser utilizada como ferramenta auxiliar na gestão territorial de municípios, assim como na execução de programas de monitoramento das bacias hidrográficas impactadas.

Abstract: Coal mining in the southern region of Santa Catarina is a centenary activity and an important mainstay of the region's economy. However, from its beginning until the '80s, activities of extraction and processing of this ore were carried out without proper environmental controls. Aiming to repair the environmental damage, a lawsuit was initiated in 1993. The first verdict took place in the early 2000s and after that, several studies were started in the region. This added information about the physical, chemical, and biological environment of the areas. In order to continue these studies, this work aimed to delimit the areas affected by coal mining activities in southern Santa Catarina state. Ottobacia was used as a reference unit. In a GIS environment, superimposed on the ottobasin, information on sources of contamination was inserted: degraded areas, abandoned mine drainage outlet, waste material disposal areas, and company yards. The Ottobasins were demarcated from contamination sources until the outlet of the main river. The affected Ottobasins resulted in an area of 2,755 km<sup>2</sup>, partially covering Araranguá and Tubarão watersheds and completely cover the Urussanga one. Delimitation of coal mining affected areas can be an auxiliary tool in the municipality's territorial management, as well as in the execution of water resources monitoring programs in these impacted watersheds.

Palavras-chave: Mineração; Carvão; Delimitação de áreas afetadas; Otobaccia

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM; melissa.franzen@cprm.gov.br; (51) 3406-7300

<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM

## 1. INTRODUÇÃO

A Região Carbonífera de Santa Catarina (RCSC) se localiza na região sul do Estado, incluindo sete municípios em seu núcleo metropolitano (Criciúma, Içara, Forquilha, Morro da Fumaça, Cocal do Sul, Nova Veneza, Siderópolis) outros dezoito em sua área de extensão (Araranguá, Braço do Norte, Capivari de Baixo, Grão Pará, Gravatal, Jaguaruna, Laguna, Lauro Muller, Maracajá, Meleiro, Orleans, Pedras Grandes, Sangão, São Ludgero, Treviso, Treze de Maio, Tubarão e Urussanga). Com uma população estimada em torno de 661.126 em 2020 (IBGE, 2016; 2020), constitui ainda hoje um importante centro econômico para o Estado.

Ainda que atualmente o setor econômico esteja diversificado, a RCSC constitui um importante alicerce econômico da região. A extração do carvão e atividades vinculadas, incluindo a instalação de infraestruturas para transportar o minério, sobressaíram amplamente desde o início do Século XX e dominaram o cenário econômico em diversos sentidos.

Até a década de 80, a atividade extrativa ocorria sem nenhum controle ou preocupação ambiental. Na década de 90, a região possuía 5.500 ha (55 km<sup>2</sup>) de áreas degradadas, sendo 2.770 ha minerados a céu aberto e 2.730 ha de depósitos de rejeito, com um passivo ambiental da ordem de U\$ 200.000.000 (JICA, 1998).

As áreas de maior impacto incluem antigas minas de carvão abandonadas (algumas com surgência de drenagem ácida), cavas expostas pela exploração mineral a céu aberto, lagoas ácidas e locais com disposição irregular de rejeitos do beneficiamento do carvão. Estas áreas se encontram próximas de diversos núcleos urbanos, sendo que algumas delas se encontram em processo de recuperação ou recuperadas. Além da atividade mineira, há interface com distintas fontes de poluição: pecuária (suinocultura), agricultura, resíduos domésticos e industriais.

Em decorrência destes fatos o Ministério Público Federal (MPF) propôs em 1993 a Ação Civil Pública nº 93.8000533-4, ou ACP do Carvão, como ficou conhecida. No ano 2000, uma sentença judicial da ACP do Carvão condenou a União, Empresas Carboníferas e o Estado de Santa Catarina a recuperar algumas das áreas degradadas, dando início ao Projeto de Recuperação Ambiental das Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão, sendo que a execução da parte relativa à recuperação das áreas da União coube ao Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). Assim teve início o monitoramento ambiental de qualidade de águas superficiais e subterrâneas, que foi executado desde 2002 por meio de convênio entre a SATC - Educação e Tecnologia e o SGB/CPRM. Após 2009 o SGB/CPRM assumiu as coletas.

De 2007 a 2019, 14 Relatórios de Indicadores Ambientais foram produzidos pelo Grupo Técnico de Assessoramento (GTA), sob Execução da Sentença (nº. 2000.72.04.002543-9), apresentando anualmente ao Ministério Público Federal e à sociedade os resultados atingidos pelas ações de recuperação e monitoramento das áreas degradadas da RCSC, onde se encontram inseridos os trabalhos do SGB/CPRM e dos réus, executados na região.

Os estudos agregaram informações a respeito do meio físico, químico e biológico, até que surgiu a necessidade de delimitar as áreas afetadas pela

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM; melissa.franzen@cprm.gov.br; (51) 3406-7300

<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM

mineração de carvão, como informação complementar àqueles estudos. A delimitação atualmente utilizada é genérica e não condiz com a realidade, visto que é baseada nos locais de origem do minério, este critério não considera bacias que são afetadas pela mineração e que não se localizam no mesmo local onde o carvão foi extraído.

## 2. OBJETIVO

Delimitar as áreas afetadas pela mineração de carvão na RCSC com foco na contaminação recursos hídricos superficiais.

## 3. ÁREA DE ESTUDO

A RCSC está localizada na mesorregião Sul Catarinense, que inclui duas regiões hidrográficas, Sul e Extremo-Sul Catarinense, juntas ocupam cerca de 10.827 km<sup>2</sup> (Figura 1).

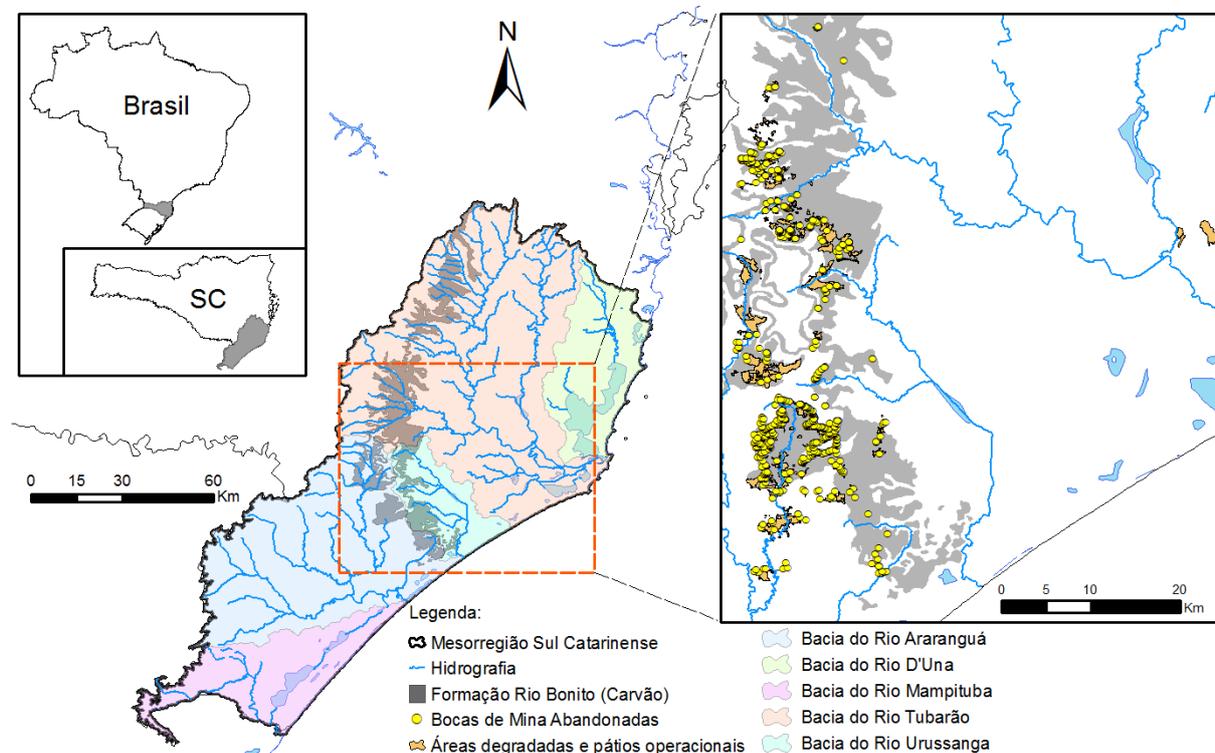


Figura 1. Localização da formação Rio Bonito (região de ocorrência de carvão) e áreas fonte de contaminação por DAM.

As principais bacias hidrográficas que compõem a Região Hidrográfica (RH) Sul são as dos rios Tubarão e D'Una; e a RH Extremo-Sul Catarinense é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Urussanga, Araranguá e afluentes da margem esquerda do rio Mampituba, este último, situado na divisa entre os Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Esses rios pertencem à vertente atlântica e apresentam um perfil longitudinal bastante acidentado no curso superior, onde a topografia é muito movimentada. No curso inferior, cortam planícies aluviais onde podem formar meandros, os perfis

longitudinais assinalam baixas declividades, caracterizando-se neste curso como rios de planície.

Abacia hidrográfica do rio Tubarão é a mais importante da RH Sul, nasce na encosta da Serra Geral, tendo como principais formadores os rios Rocinha e Bonito. A seguir, recebe pela margem esquerda os rios Laranjeiras, Braço do Norte, Capivari, e rios Palmeiras e das Pedras Grandes/Azambuja pela margem direita. Após percorrer cerca de 120 km, o rio Tubarão desemboca na Lagoa de Santo Antônio dos Anjos (39 km<sup>2</sup>), no município de Laguna. A bacia hidrográfica do rio Tubarão (4.685 Km<sup>2</sup>) é uma das mais comprometidas do Estado de Santa Catarina, principalmente quando se analisa o conjunto da carga poluidora gerada pela lavra, beneficiamento, transporte e estocagem do rejeito da mineração de carvão, pelas unidades produtoras de coque, pela usina-termoelétrica, pelas cerâmicas, pelas feculares e pelo setor agroindustrial.

Na RH Extremo-Sul Catarinense, a menor bacia hidrográfica da RH é a do rio Urussanga (620 Km<sup>2</sup>), que tem como um de seus principais formadores o rio Cocal, abaixo do qual apresenta-se parcialmente canalizado. Cerca de 15 cursos d'água compõem a bacia hidrográfica do Araranguá (3.007 Km<sup>2</sup>), dos quais se destacam os rios Mãe Luzia, Amola Faca, dos Porcos, Jundiá, Turvo e São Bento. O sistema lagunar de Araranguá é composto por uma série de lagoas, com destaque para Caverá, Esteves, Faxinal, Mãe Luiza, Serra, Bicho e Rincão. As águas das bacias hidrográficas dos rios Araranguá e Urussanga possuem elevados níveis de comprometimento, causadas por agrotóxicos, esgotos urbanos e industriais, criação de suínos e, principalmente, por resíduos da extração de carvão. A bacia hidrográfica do rio Araranguá drena extensas zonas de cultivo de arroz irrigado.

Os recursos subterrâneos da área incluem os sistemas aquíferos Rio Bonito, Leques Aluviais e Fluviolacustres.

O carvão Catarinense aflora na parte central da área de estudo e perpassa três bacias hidrográficas, Araranguá, Urussanga e Tubarão. Do ponto de vista geológico, a ocorrência está posicionada na Fm. Rio Bonito (Figura 1), que compreende arenitos finos, siltitos e siltitos carbonosos, intercalados com as camadas de carvão, na porção meridional da Bacia do Paraná (MILANI, 1997).

Então, as camadas de carvão coexistem com os sistemas aquíferos. Em condições pré-mineração os minerais sulfetados, principais responsáveis pela acidificação das águas, tem sua dissolução menos favorecida, comparativamente, em relação a um ambiente em que o contato direto com o ar ocorre. Como resultado da mineração e da exposição ao oxigênio, parte da pirita é oxidada e solubilizada. Quando águas subterrâneas pouco aeradas atingem a superfície nas bocas de mina, entrando em contato com o ar, o seu nível bastante elevado de Fe<sup>2+</sup> solúvel é convertido em Fe<sup>3+</sup> insolúvel, formando-se um precipitado alaranjado de Fe(OH)<sub>3</sub>. Nesta situação, a oxidação da pirita utiliza o O<sub>2</sub> ou Fe<sup>3+</sup>, ou ambos, como agentes de oxidação, amplificando a geração de Drenagem Ácida de Mina (DAM).

Adicionalmente, o distrito fluorítico de Santa Catarina também se posiciona na mesorregião Sul Catarinense, em uma área da ordem de 2.000 km<sup>2</sup> (SAMPAIO *et*

*al.*, 2005). Constituem algumas das principais minas de fluorita do Brasil, com reservas que possuem os maiores teores (47% a 60%). As mineralizações de fluorita ocorrem em forma de filões, formados pelo preenchimento de falhas preexistentes em granitos (PEÇANHA, 2018), distribuídos pelos municípios de Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima, Pedras Grandes (bacia Tubarão) e Morro da Fumaça (bacia Urussanga).

As atividades de mineração de carvão e de fluorita ocorrem em áreas não coincidentes, mas que se interceptam na pequena bacia de Urussanga, onde se encontram muito próximas, embora sejam provenientes de situações geológicas distintas. Isto acontece porque, na porção Central, se verifica um contato por falha entre litotipos da Bacia do Paraná e as rochas graníticas do embasamento cristalino.

#### 4. METODOLOGIA

As características das bacias hidrográficas foram obtidas em SANTA CATARINA (2018), que reúne informações a respeito dos recursos hídricos de Santa Catarina.

Foram utilizados dados de drenagens e Ottobacias disponibilizadas pela ANA. Ottobacias são áreas de bacias unidas espacialmente tendo como critério de agrupamento a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter, por nível de bacia. É utilizado para a classificação de bacias, permitindo que informações físicas, socioeconômicas e hidrológicas, sejam associadas às áreas de contribuição hidrográfica, conhecidas como ottobacias (ANA, 2012). Neste trabalho, foi utilizada a classificação de nível 7, adequada para escalas detalhadas. As ottobacias foram cruzadas com outras informações existentes sobre as atividades ligadas à extração de carvão na área, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), através do software ArcMap do ArcGis Desktop, versão 10.7.1.

As informações existentes sobre as atividades ligadas à extração de carvão foram obtidas junto ao endereço eletrônico: [www.acpdocarvao.com.br](http://www.acpdocarvao.com.br), mantido por meio da ACP do Carvão, e ao Núcleo de Apoio de Criciúma do Serviço Geológico do Brasil, que atua desde o ano de 2009 na região, executando o Projeto de Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera de Criciúma (SC).

O cadastramento das bocas de mina abandonadas registrou ao todo 768 pontos (Figura 2), com informações sobre o nome da mina, coordenadas geográficas, proprietário, tipologia e situação. Quanto à tipologia, ocorrem furos de sondagem (12), galerias (517), plano inclinado (42), poço de sondagem (13), poço de verificação (79) e subsidências (101). Quanto à situação, constam 392 abertas, 359 fechadas e 17 recuperadas.

A equipe de monitoramento responsável pelos relatórios de Indicadores Ambientais delimitou 341 polígonos contendo áreas degradadas e pátios operacionais (Figura 2). Do relatório também foram utilizadas informação de qualidade da água superficial amostradas em 143 pontos de monitoramento localizados nas bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga.

Assim, a estimativa da área de influência da RCSC utilizou como unidade de referência as ottobacias e considerou a contaminação dos recursos hídricos superficiais a partir das bocas de minas, das áreas de disposição de material estéril

e rejeito, e dos pátios de empresas, além de considerar as áreas dos cursos de drenagem à jusante, até a foz do rio principal, a partir da qualidade destas águas (Figura 2). A Ottobacia foi considerada afetada caso apresentasse contaminação e, ao menos um dos critérios analisados.

## 5. RESULTADOS

As áreas afetadas pela mineração de carvão na RCSC se posicionam no Centro da mesorregião Sul Catarinense e perpassam três bacias hidrográficas, Araranguá, Urussanga e Tubarão e abrangem uma área de aproximadamente 2.755 km<sup>2</sup> (Figura 3). A bacia hidrográfica do rio Urussanga se encontra totalmente inserida na área afetada, e as bacias hidrográficas dos rios Araranguá e Tubarão possuem áreas tanto dentro quanto fora. As bacias dos rios Duna e Mampituba, localizadas nos limites Nordeste e Sul, respectivamente, se encontram totalmente fora da área de influência da RCSC.

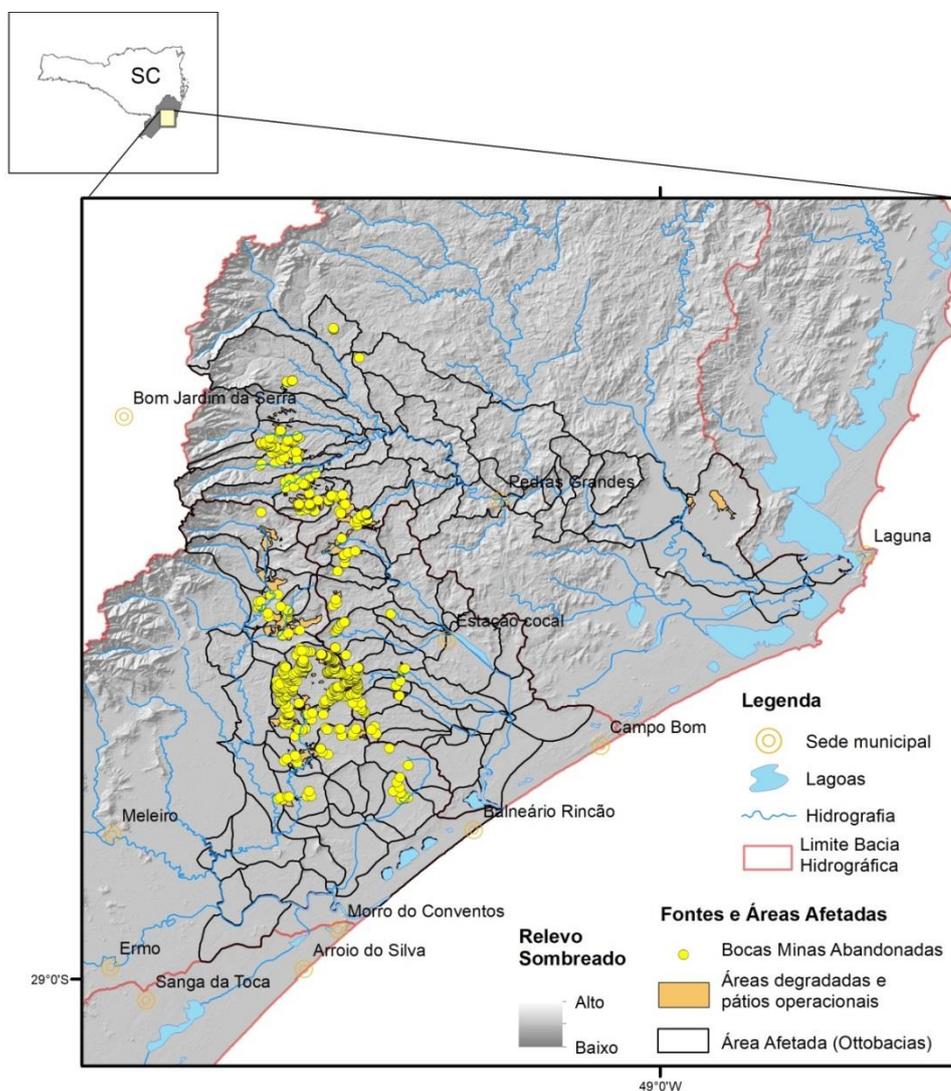


Figura 2. Localização das bocas de minas abandonadas, das áreas degradadas pela mineração, dos pátios operacionais de empresas e das Ottobacias afetadas.

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM; melissa.franzen@cprm.gov.br; (51) 3406-7300

<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM

A região de Jaguaruna e Treze de Maio, embora cercada pela área considerada afetada pelo carvão, foi excluída em função do relevo e características das águas superficiais, pois se encontram isoladas as nascentes destes cursos de água.

## 6. CONCLUSÕES

A estimativa da área de influência da RCSC levando em consideração apenas as otobacias onde se localizam as bocas de minas, áreas de disposição de rejeitos, pátios de empresas e os cursos de drenagem à jusante, resultou em uma área de aproximadamente 2.755 km<sup>2</sup>.

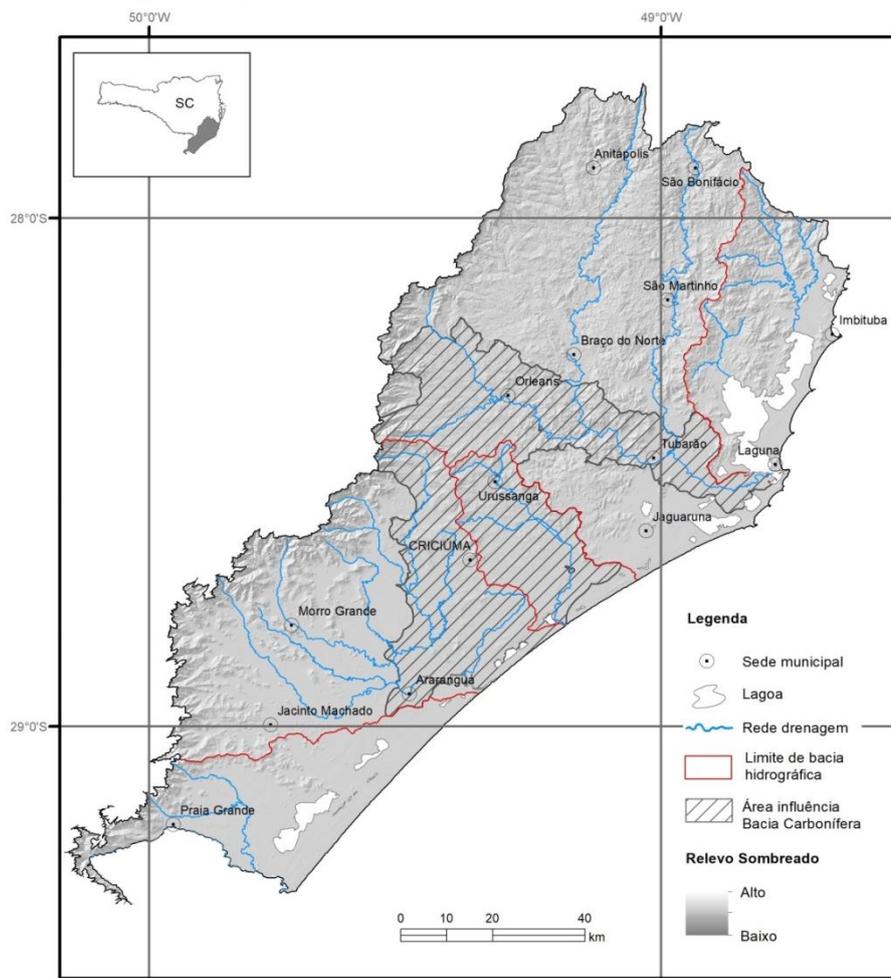


Figura 3. Delimitação da área afetada pela mineração de carvão.

Nesta área encontram-se locais com potenciais fontes geradoras de DAM e o percurso dos recursos hídricos superficiais impactados até a foz dos rios principais. Solos e sedimentos aquáticos contaminados também podem ser encontrados dentro desta área, não como um todo, mas pontualmente no caso dos solos e em algum trecho ou extensão do curso d'água, no caso dos sedimentos de corrente.

Vale destacar que o impacto relativo aos recursos subterrâneos deve coincidir com a delimitação superficial, porém, não se restringe a ela, pois se sabe que existem inúmeras galerias subterrâneas com possíveis subsidências, fraturas e interconexões entre elas, que não foram consideradas neste estudo.

A delimitação das áreas afetadas pela mineração de carvão na região sul de Santa Catarina poderá ser utilizada como ferramenta auxiliar na gestão territorial dos municípios, assim como na execução de programas de monitoramento das bacias hidrográficas impactadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2012. **Bacias Hidrográficas**

**Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7)**. Catálogo de Metadados da ANA. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data em 1º de julho de 2020**: [notas metodológicas]. Folheto. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101747>>. Acesso em: 06/05/2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese: Sistema integrador de informações do IBGE sobre os municípios do Brasil/ Santa Catarina/ Cidades**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama>> Acesso em: 04 mai. 2021.

JICA. Japan International Cooperation Agency. 1998. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Fundação do Meio Ambiente. **The feasibility study on recuperation of mined-out áreas in the South region of Santa Catarina in the Federative Republic of Brazil**. Technical Annex, Section I, II, III. Sector Studies. Jan/1998, Japan. Mitsubishi Materials Corporation, Chioda-Dames & Moore Co. Ltd. (Relatório).

MILANI, E. J. *et al.* Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.15, n.2, p.265-287 2007.

PEÇANHA, R.M. **Fluorita**. Série Estatísticas e Economia Mineral: Outras Publicações. Agência Nacional de Mineração. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/6-3-fluorita> > Acesso em: 29/01/2021.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Recursos Hídricos de Santa Catarina**. Última modificação: 30/04/2018. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/base-documental/bacias-hidrograficas-do-estado>. Acesso em: 10/06/2020.