

Estudos sobre a legislação ambiental
do setor carbonífero com foco no sul
de Santa Catarina

*Studies of environmental legislation of the coal industry
with focus in southern of Santa Catarina state-brazil*

Nathália Ledra Turnes*
Reginaldo Geremias**

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo geral efetuar estudos do ordenamento jurídico ambiental relacionado ao setor carbonífero, tendo como foco o sul do Estado de Santa Catarina, bem como os impactos ambientais negativos provocados por esta atividade econômica. Os resultados obtidos permitem constatar que a atividade carbonífera tem provocado impactos negativos no meio abiótico, biótico e na saúde humana. Foi observada a existência de poucas leis de proteção ambiental direcionadas diretamente para esta atividade, além da omissão, não disponibilização e contradição. Constatou-se também que a legislação existente não engloba todas as etapas envolvidas na atividade carbonífera. Conclui-se que os problemas relacionados às leis ambientais que regulam o setor carbonífero podem comprometer o processo de prevenção e precaução de impactos sobre o meio ambiente e os mecanismos de fiscalização. Estratégias como a criação e disponibilização de normas ambientais mais específicas, integradas e orientadas para o setor carbonífero nos níveis federal, estadual e, principalmente, voltadas aos municípios da região sul catarinense, poderiam contribuir para a proteção do meio ambiente.

Palavras-chave: Mineração de carvão. Impactos ambientais. Legislação ambiental. Região sul de Santa Catarina.

Abstract: This study aimed at studying the environmental law referring to coal mining with focus in Southern of Santa Catarina State in Brazil, as well as, the negative impacts caused by this economic activity. The results showed that coal mining provoke negative impacts on the abiotic and biotic elements and human health. It was observed that there are few

* Graduação em Engenharia de Energia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
Mestranda e bolsista no Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade da UFSC.

** Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Federal, State and Municipal environmental laws regulating the coal mining activity. In addition, it was noticed that there is a lack of regulatory orientations to some stages of the coal mining industry and some contradictions in the regulation. It was concluded that the problems in the environmental laws regulating the sector represent a risk to the precaution adoption process. Some strategies like the development of more specific and integrated regulations oriented to the coal mining sector in Southern of Santa Catarina could contribute to the environmental protection.

Keywords: Coal mining. Environmental impacts. Environmental Laws. Southern of Santa Catarina State-Brazil.

Introdução

O Brasil apresenta um expressivo arcabouço jurídico-ambiental que regula as atividades econômicas potencialmente poluidoras e, dentre elas, se encontra o setor carbonífero. Porém, a despeito da previsão legal, diversos estudos realizados, na atualidade, têm demonstrado relevantes impactos ambientais negativos provocados pela atividade carbonífera em seus processos de extração, beneficiamento, transporte e conversão energética, sendo que a região sul do Estado de Santa Catarina insere-se nesse contexto.

A região se destaca, no cenário mineral brasileiro, desde o início do século XX como importante polo de extração e beneficiamento de carvão mineral, principalmente nos Municípios de Orleans, Lauro Muller, Treviso, Urussanga, Cocal do Sul, Siderópolis, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Criciúma, Forquilha e Içara. Entretanto, o Decreto n. 85.206, de 25 de setembro de 1980, considerou a região carbonífera como uma das 14 Áreas Críticas Nacionais para efeito de controle da poluição e conservação da qualidade ambiental. Esta realidade faz suscitar a necessidade de estudos e reflexões acerca desses dispositivos legais na manutenção da qualidade do meio ambiente impactado pelo setor carbonífero na região sul catarinense.

Partindo desses pressupostos, este trabalho tem como objetivo geral realizar estudos acerca do ordenamento jurídico-ambiental brasileiro relacionado à atividade carbonífera, além dos impactos negativos provocados pelo setor, tendo com foco a região sul de Santa

Catarina. Com base nesses estudos, foram promovidas discussões, visando refletir se a atual legislação tem se mostrado satisfatória na proteção do meio ambiente impactado pela atividade mineradora, além de citar alternativas para dirimir possíveis fragilidades, omissões e contradições no ordenamento ambiental do setor na região.

2 Mineração de carvão na região sul de Santa Catarina e seus impactos ambientais negativos

A mineração de carvão é uma das principais atividades econômicas na região sul de Santa Catarina. Entretanto, diversos estudos têm demonstrado que o setor carbonífero tem provocado impactos ambientais negativos, incluindo-se o comprometimento da qualidade dos mananciais hídricos, do solo e do ar, além de danos à fauna, à flora e à saúde humana na região. A seguir, são apresentados os resultados desses estudos, os quais contribuirão para uma posterior reflexão sobre a efetividade da atual legislação em termos de proteção do meio ambiente impactado pela atividade mineradora

2.1 Impactos em mananciais hídricos

De acordo com estudos da literatura, a herança da disposição desordenada, no passado, de rejeitos carbono-piritosos e o lançamento de efluentes brutos de beneficiamento e drenagem de minas diretamente em cursos-d'água, na Bacia Carbonífera de Santa Catarina, continua contaminando as águas e se caracteriza como sendo o principal dano causado ao ciclo hidrológico da região. Esses efluentes ácidos e com elevada concentração de metais pesados solubilizados são capazes de atingir mananciais hídricos, comprometendo sua qualidade. No longo prazo, esse tipo de poluição afeta a saúde da comunidade através da contaminação ou interrupção do abastecimento de água e fontes de alimentos (por exemplo, culturas), influenciando a fertilidade do solo (AMARAL, 2010; COSTA; ZOCCHÉ, 2009).

Trabalhos na região carbonífera sul catarinense relacionados à

avaliação físico-química de drenagem de mina de subsolo, efluentes de infiltração de bacias de decantação de mina de carvão, águas de rios, ambientes estuarinos e sedimentos têm sido descritos na literatura. Esses estudos constataram baixos valores de pH (2,35 a 3,50), contaminação por substâncias potencialmente tóxicas, incluindo-se metais como ferro (0,3 mg L⁻¹ a 415,62 mg L⁻¹), alumínio (3,5 mg L⁻¹ a 54,2 mg L⁻¹), manganês (0,6 a 16,50 mg L⁻¹) e zinco (0,07 a 11,80 mg mg L⁻¹), além de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos como naftaleno, fenantreno e fluoreno com somatórios entre 110,16 e 534.276,54 ng g⁻¹. Os dados obtidos sugerem que a origem desses compostos está fortemente relacionada a processos de mineração de carvão (BONA, 2010; BORGES, 2009; FRANCISCONI, 2010; FREITAS, 2007; GEREMIAS *et al.*, 2003; LATTUADA *et al.*, 2009; PAVEI, 2007; TEIXEIRA *et al.*, 2004).

2.2 Impactos no solo

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), a mineração, em áreas urbanas e periurbanas, é um dos fatores responsáveis pela degradação do subsolo. Desde o aparecimento das primeiras explorações de carvão, as minas careceram de planejamento, técnicas e tecnologia de controle ambiental, com inversão das camadas do solo a mineração de carvão a céu aberto e disposição inadequada dos rejeitos e estéréis em contato permanente com o ar, solo e água, dispostos em estradas, rios, riachos, terrenos baixos e alagadiços. Até o final da década de 90, estudos têm apontado que o estéril ou rejeito das minas de carvão entre os Municípios de Araranguá e Lauro Müller era, na maioria dos casos, depositado a céu aberto, em áreas próximas de locais de mineração ou beneficiamento do carvão. Com isso, uma área de, aproximadamente, 6.400 hectares foi impactada. Sérias restrições ao estabelecimento de espécies florestais e de gramíneas têm sido observadas em muitas áreas mineradas reconstruídas, que resultam em permanência de grande parte do solo desnudo, favorecendo a erosão hídrica e o assoreamento de mananciais hídricos. Após

sofrerem as práticas correntes de construção e reabilitação, os solos de minas ainda podem manter características físicas adversas como, baixa infiltração e capacidade de armazenamento de água, susceptibilidade à compactação e camadas de impedimento de crescimento de raízes (CAMPOS, 2010; RAVAZZOLI, 2013).

Mesmo em solos reconstruídos pós-mineração de carvão, a contaminação das camadas superficiais com pirita provoca intensa acidificação do solo, acelera a intemperização de minerais, eleva as concentrações de alumínio e manganês e aumenta a lixiviação de bases. Em todas as áreas de solo construído pós-mineração de carvão a céu aberto analisadas no Município de Lauro Müller, foram detectadas deficiências no processo de construção, seja pela disposição inadequada dos materiais e resíduos da mineração utilizados, seja pelos impactos negativos ocorridos nas propriedades físicas e químicas dos solos construídos e/ou em áreas adjacentes (CAMPOS, 2003).

Na mineração a céu aberto, a lavra começa com o desmatamento e a retirada de uma camada considerável de solo, que é estocada em áreas adjacentes, além de causar a descaracterização da paisagem devido à escavação profunda para a abertura de cavas e o acúmulo de rejeitos dispostos ao longo da área minerada que chegam a 30 metros de altura, as quais expõem as camadas litológicas inferiores devido à presença de minerais sulfatados agregados aos rejeitos. A destruição ocasionada nesse tipo de mineração resulta na queda da fertilidade do solo, na destruição da fauna e flora, em alterações topográficas e na inutilização do solo. Já na lavra subterrânea do carvão, podem ocorrer alterações topográficas nas áreas sobre as minas, devido ao afundamento da superfície pelo desmoronamento das galerias. Outro problema observado é a vibração do solo, que, primeiramente, está ligada ao uso de explosivos, mas também ocorre devido à utilização de máquinas pesadas, e o uso de grandes transportadores de correia para carga de minério. Após o fim da atividade de mineração, ainda existem riscos ao ambiente, podendo haver erosão no período de recuperação ambiental, até que a cobertura vegetal da área recuperada esteja definitivamente estabelecida (GONÇALVES, 2008).

2.3 Impactos na atmosfera

A literatura tem dito que a utilização de explosivos para o desmonte de material consolidado (maciços rochosos e terrosos muito compactados), em regiões de extração subterrânea de carvão, resulta em ruídos e vibrações quase sempre prejudiciais à tranquilidade pública. Porém, um dos maiores transtornos sofridos pelos habitantes próximos e/ou os que trabalham diretamente em mineração, relaciona-se à poeira, que pode ter origem tanto nos trabalhos de perfuração da rocha como nas etapas de beneficiamento e de transporte da produção. Esses resíduos podem ser solúveis, ou partículas que ficam em suspenso como lama e poeira (FARIAS, 2002; RIBEIRO, 2007; ZIM, 1999).

Gases, principalmente o metano (CH₄), também podem ser emitidos no decorrer do processo de extração. O carvão de subsolo tende a apresentar maiores concentração de metano devido à maior pressão à qual é submetido nas jazidas mais profundas (GONÇALVES, 2008).

O Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, localizado no Município de Capivari de Baixo, sul de Santa Catarina, contribui para a concentração de material particulado na atmosfera do local. Estudos têm referido que a quantidade total de poluentes que saem das caldeiras a cada ano e que podem potencialmente afetar o meio ambiente circundante é, aproximadamente, de 2.551 toneladas de alumínio; 1.495 toneladas de ferro, 152 toneladas de manganês; 11 toneladas de zinco; 8,1 toneladas de cromo; 6 toneladas de cobre; 1,6 toneladas de Urânio; 1,5 toneladas de chumbo e 20 kg de tório. A fração facilmente solúvel contém cerca de 65% de manganês, 30-40% de zinco, cromo, alumínio e urânio, 25% de cobre, 10% de ferro e 1% de chumbo (GODOY, 2005; QUISPE, 2012).

2.4 Impactos na fauna, na flora e na saúde humana

Em trabalho efetuado na região carbonífera de Criciúma, foi observada expressiva toxicidade aguda em microcrustáceos *Artemia* sp. quando expostos à drenagem de mina de subsolo, a efluente de infiltração de bacias de decantação, bem como às águas de rios atingidas

pelos efluentes de mineração de carvão. Foi sugerido que a toxicidade seria decorrente dos baixos valores de pH e da concentração elevada de metais, principalmente de ferro, manganês e zinco presentes nas amostras (GEREMIAS *et al.*, 2003).

Teixeira e colaboradores (2004) constataram inibição do crescimento de raízes de *Allium cepa* L. (cebola), quando expostas às águas de rios da região carbonífera de Criciúma contaminadas por efluentes de mineração. Um significativo dano ao DNA também foi observado no grupo exposto às águas, quando comparado ao controle negativo. Sugeriu-se que a toxicidade das águas seria decorrente da acidez da presença de metais como ferro e manganês gerados pela mineração.

Pesquisa feita por Pinho e colaboradores (2004) procurou descrever os efeitos agudos no parênquima pulmonar em ratos diante da exposição aguda ao pó de carvão e do envolvimento das espécies reativas de oxigênio nesse processo. Para tanto, foram coletadas amostras de pó de carvão mineral bruto em empresa de mineração de carvão, situada no Município de Criciúma. O pó foi administrado diretamente por instilação intratraqueal em pulmões de ratos *Wistar* por um período de 48 horas, por 7 dias, 30 dias e 60 dias. Um grupo-controle recebeu apenas solução salina. Após a exposição, foram preparados cortes histológicos do tecido pulmonar para avaliação de processo inflamatório e estresse oxidativo. Os resultados obtidos permitiram concluir por um infiltrado inflamatório no grupo com 48 horas de exposição, caracterizado como infiltração de linfócitos com hiperplasia linfoide, sendo que esse perfil permaneceu até 7 dias após a exposição. Os autores concluíram que houve uma resposta inflamatória e dano oxidativo em tecido pulmonar induzidos pela exposição ao pó de carvão mineral.

Em trabalho efetuado por Menegon (2005), procurou-se avaliar a toxicidade de drenagem ácida de mina de carvão de subsolo, coletada em empresa mineradora situada na região carbonífera de Criciúma. Pode-se observar que as drenagens provocaram elevada toxicidade aguda sobre *Artemia* sp. Constatou-se que houve significativa inibição do crescimento das raízes de *Allium cepa* L. a uma baixa concentração das amostras (12,5%). Também se pôde observar que as células meristemáticas apresentaram significativo dano ao DNA a

uma baixa concentração das drenagens (6,25%), quando comparado ao controle negativo. Foi sugerido que a drenagem ácida de mina de carvão provocou elevada toxicidade, possivelmente em decorrência dos contaminantes químicos presentes nas mesmas.

Benassi e colaboradores (2006) avaliaram o estresse oxidativo e genotoxicidade em sangue e fígado da espécie de peixe *Oreochromis niloticus* (tilápia) expostos por 7, 15 e 30 dias a efluentes gerados na mineração de carvão coletados no Município de Siderópolis. Constatou-se que os efluentes provocaram aumento significativo dos níveis de peroxidação lipídica, além de alteração da ação de biomoléculas envolvidas no processo de estresse oxidativo (glutacionas, superóxido dismutase, catalase), quando comparado ao grupo-controle negativo exposto à água dechlorada. Houve aumento de dano ao DNA em células hepáticas. Foi sugerido que os danos biológicos constatados seriam decorrentes do baixo pH das amostras de efluentes e da presença de metais em solução, como: ferro, manganês, alumínio, cádmio, chumbo, zinco e cobre.

Freitas (2007) investigou a relação entre a ocorrência de modificações anatômicas na planta *Typha domingensis* Pers. e a concentração de metais pesados (manganês e zinco), na água e no sedimento de uma bacia de decantação de efluentes da mineração e no beneficiamento de carvão. A espécie estudada apresentou redução no número de polos de protoxilema das raízes, no diâmetro radial do feixe vascular e no diâmetro tangencial do elemento de vaso do metaxilema das folhas, assim como aumento na espessura do parênquima paliçádico foliar na área minerada, em vista da presença de metais pesados, especialmente o zinco. Conclui-se que as modificações anatômicas observadas em plantas estariam correlacionadas com o bioacúmulo dos metais manganês e zinco pela planta.

Em outro estudo, amostras de drenagem ácida de minas de carvão foram coletadas em empresa mineradora situada na região carbonífera de Criciúma, as quais apresentaram expressiva toxicidade aguda em *Daphnia magna*, *Artemia* sp., além de elevada toxicidade subaguda em *Allium cepa* L. Também foram observadas alterações em biomarcadores de estresse oxidativo e de genotoxicidade. Foi sugerido que os efeitos tóxicos promovidos pela drenagem estariam associados

aos baixos valores de pH e à presença de metais (GEREMIAS, 2008).

Em trabalho realizado por Pereira (2008), avaliou-se a genotoxicidade em tecido hepático e sanguíneo de camundongos tratados com *Baccharis trimera* (Less.) DC. (carqueja) coletadas em solos não degradados (controle negativo) e degradados pela atividade carbonífera a céu aberto situada no Município de Treviso. Os resultados obtidos permitiram indicar que, no tratamento com o decocto de *Baccharis trimera*, coletado em áreas degradadas houve aumento significativo do dano ao DNA em células hepáticas e sanguíneas, quando comparado ao grupo-controle negativo. Concluiu-se que os efeitos genotóxicos observados poderiam estar associados à presença de contaminantes ambientais presentes em solos degradados pela mineração de carvão, os quais seriam acumulados pela planta e, posteriormente, liberados na preparação do decocto, vindo a promover genotoxicidade nos camundongos tratados. Conclui-se, também, que esses efeitos são preocupantes, uma vez que a decocção é uma das formas mais comuns de utilização de *Baccharis trimera* como planta medicinal pela população em geral.

Em trabalhos descritos na literatura, foi observada expressiva toxicidade aguda em *Daphnia magna* e *Artemia* sp. expostas a efluentes de mineração de carvão coletadas na região sul catarinense. Também se constatou inibição do crescimento de raízes em *Allium cepa* L. e significativa elevação do dano ao DNA em células meristemáticas de planta exposta a efluentes quando comparado ao grupo-controle negativo. Foi sugerido que o dano estaria associado à elevada acidez e à expressiva concentração de ferro, alumínio, manganês, zinco e chumbo presentes nos efluentes (GEREMIAS *et al.*, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Em trabalho efetuado por Lattuada e colaboradores (2009), foi avaliada a toxicidade de águas de rio impactado pela atividade de mineração de carvão e de sedimentos coletados em cinco pontos distintos ao longo do rio Mãe Luzia (Município de Criciúma) até o estuário do rio Araranguá (Município de Araranguá). Foi observada toxicidade em *Daphnia magana* exposto a águas e sedimentos em diferentes pontos. Conclui-se que as águas e os sedimentos estão sendo impactados pela atividade carbonífera, o que pode ser observado pela presença de metais e efeitos tóxicos sobre o organismo bioindicador.

Estudos de toxicidade foram realizados em microcrustáceos *Artemia* sp. e *Daphnia magna*, em *Allium cepa* L., bem como de genotoxicidade em DNA plasmidial expostos a águas coletadas no rio Urussanga em três diferentes pontos (Ponto 1 = bairro Nova Itália, Município de Urussanga; Ponto 2 = localidade de Esplanada, Município de Urussanga; Ponto 3 = estuário localizado na praia do Torneiro, Município de Jaguaruna) à água mineral (controle negativo). Observou-se que as águas, nos diferentes pontos, provocaram expressiva toxicidade aguda nos microcrustáceos e significativa inibição do crescimento da raiz de *Allium cepa* L. Foi evidenciado que houve fragmentação do DNA em todos os pontos de coleta nas diferentes concentrações testadas. Conclui-se que os danos biológicos estariam correlacionados com a contaminação do rio por efluentes e rejeitos sólidos oriundos da atividade carbonífera na região (BONA, 2010; BORGES, 2009; FRANCISCONI, 2010).

Bruchchen e colaboradores (2013) realizaram um trabalho de avaliação da qualidade das águas do rio Criciúma (Município de Criciúma). Foram efetuados ensaios de toxicidade em *Artemia* sp., *Daphnia magna* e *Allium cepa* L., bem como genotoxicidade em *Allium cepa* L. e em peixes *Geophagus brasilienses* expostos a amostras de águas do rio coletadas em três diferentes pontos (Ponto 1 = proximidade da nascente, Ponto 2 = intermédio da região central da cidade, Ponto 3 = final da região central). Os resultados permitem indicar que as águas coletadas nos diferentes pontos foram capazes de provocar efeitos tóxicos agudos em *Artemia* sp. e *Daphnia magna*, inibição do crescimento das raízes e genotoxicidade em *Allium cepa* L. e em *G. brasilienses* quando comparados ao grupo-controle negativo (exposição à água mineral). Sugeriu-se que os efeitos tóxicos poderiam estar associados a contaminantes ambientais, incluindo os provenientes da mineração de carvão.

Em outro trabalho, foi avaliada a concentração de metais pesados no fígado e danos no DNA em células de sangue de três espécies de morcegos insetívoros coletados em uma área de mineração de carvão na região carbonífera sul-catarinense e em uma área de controle. Foi constatado que as concentrações de cromo, níquel, cobre, chumbo e ferro, em duas espécies da área de mineração de carvão, foi maior do

que em animais da área de controle. Os parâmetros de dano ao DNA foram significativamente mais elevados em uma espécie específica. Esses perfis foram associados à atividade carbonífera e a seus contaminantes (ZOCHE, 2010).

Em trabalho descrito por Leffa (2010), foi avaliado o potencial genotóxico de rejeitos provenientes do beneficiamento de carvão mineral em empresa situada no sul de Santa Catarina, usando o molusco *Helix aspersa* como organismo bioindicador. Para tanto, 99 animais foram acomodados em três microambientes laboratoriais. O primeiro grupo (grupo- controle) foi alimentado apenas com alface (*Lactuca sativa* L.) orgânica (sem agrotóxico). O segundo grupo foi acomodado sobre uma camada de 6 cm do rejeito piritoso obtido em um depósito de rejeitos de beneficiamento de carvão, sendo fornecida para alimentação alface orgânica. Os animais do terceiro grupo foram alimentados com alface cultivada na horta sobre depósito de rejeitos impermeabilizados. Após o período de exposição, amostras de hemolinfa foram coletadas e submetidas a testes de avaliação de dano ao DNA. Os resultados indicaram um nível significativo maior de dano para ambos os parâmetros, nos animais do segundo e terceiro grupos, quando comparados ao grupo-controle. A partir dos resultados obtidos, se concluiu que o rejeito provindo da extração e do beneficiamento de carvão e a hortaliça *Lactuca sativa* L. São, potencialmente, genotóxicos para moluscos e provavelmente para os demais níveis tróficos. Também se concluiu que a hortaliça *Lactuca sativa* L. apresentou genotoxicidade quando cultivada próxima de ambientes impactados pela mineração de carvão.

Netto (2010) avaliou o potencial tóxico de drenagem ácida de mina de carvão coletada na região carbonífera do sul-catarinense. A drenagem apresentou alta toxicidade aguda em *Artemia* sp. (CL₅₀= 18,46%). Nos ensaios de fitotoxicidade, houve significativa inibição do crescimento e redução do número de raízes em *Allium cepa* L. (0,31 ± 0,26 cm e 6,3 ± 6,2, respectivamente) expostas à drenagem, quando comparado ao grupo-controle negativo exposto à água mineral (3,35 ± 0,80 cm e 28,3 ± 6,4, respectivamente). A drenagem apresentou alta atividade nucleásica em DNA plasmidial. Concluiu-se que a drenagem ácida apresentou potencial tóxico e genotóxico nos organismos

bioindicadores e biomarcadores em decorrência dos contaminantes químicos em solução.

Também foram avaliados os danos a biomoléculas de camundongos submetidos à ingestão de hortaliças cultivadas em horta experimental, construída numa área de mineração, analisando, de forma indireta, os riscos à saúde humana. A pesquisa contemplou as seguintes hortaliças: *Lactuca sativa* L. (alface), *Beta vulgaris* (beterraba), *Brassica oleracea* L. var. *Italica* Plenck (brócolis) e *Brassica oleracea* L. var. *Acephala* D.C (couve). Na exposição crônica ao suco de alface e couve, foram encontrados níveis de Si, P, K, Fe, Cu e Zn aumentados no fígado dos animais que ingeriram suco de hortaliças oriundas do solo da mina, quando comparados aos grupo-controle. O tratamento agudo e crônico de camundongos com suco de hortaliças cultivadas em área de mineração resultou em danos no DNA, nas células sanguíneas, no córtex e fígado. Através desses resultados, se pode concluir que o consumo de hortaliças cultivadas sobre área de mineração apresenta potencial genotóxico, podendo gerar um risco considerável à saúde humana (MARTINS, 2014).

Estudos de incidência de doenças respiratórias em humanos, provocadas por contaminantes da mineração de carvão indicaram que, em 1952, foi relatado um caso de pneumoconiose na região da bacia carbonífera sul-catarinense, vindo a se elevar para 11 casos até 1958. No período de 1969 a 1979, foram encontrados 536 casos de pneumoconiose, sendo também realizados estudos acerca da prevalência, dos aspectos clínicos e da classificação da doença. Os autores referem que, somente na região de Criciúma, havia, na época de seus estudos, mais de 3 mil casos de pneumoconiose registrados e, desses, mais de 100 apresentam Fibrose Pulmonar Maciça, forma invalidante e fatal da doença.

Em outro estudo, Ávila-Júnior e colaboradores (2009) avaliaram o estresse oxidativo e a concentração de metais em indivíduos expostos à mineração de carvão. Os indivíduos foram divididos em quatro diferente grupos, sendo 20 indivíduos por grupo. O primeiro grupo foi composto por trabalhadores diretamente envolvidos na extração do carvão em mineração, a céu aberto, na região de Lauro Müller, sul de Santa Catarina; o segundo grupo era formado por trabalhadores diretamente expostos à extração do carvão em mineração de subsolo

ou galerias subterrâneas da mesma região; o terceiro grupo era constituído por indivíduos residentes na cidade de Lauro Müller cerca de 12 km das áreas de extração do carvão, os quais não tinham nenhuma relação profissional com atividades de extração ou qualquer outra atividade que os expusesse a contato direto com o minério, mas que estavam sujeitos à contaminação de forma indireta; o quarto grupo foi considerado o de controle (não exposto), sendo constituído por voluntários doadores de sangue, provenientes do banco de sangue do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU-UFSC), *campus* Trindade, Florianópolis. Os resultados encontrados permitiram afirmar que os indivíduos habitantes em regiões próximas de áreas de extração de carvão ou que trabalhassem diretamente envolvidos na mineração, estavam em constante condição de estresse oxidativo. Essa condição poderia estar sendo desencadeada pela inalação de materiais particulados presentes na atmosfera da região ou no ambiente de trabalho, ou ainda, através da presença de altas concentrações de metais advindas de exposição crônica aos mesmos, uma vez que estão presentes na composição do carvão mineral da região.

Em trabalho descrito por Possamai e colaboradores (2010), foram efetuados estudos da correlação entre estresse oxidativo frente à exposição a materiais particulados oriundos sobre a combustão de carvão em uma usina termoeleétrica situada no Município de Capivari de Baixo, sul do Estado de Santa Catarina. Os indivíduos foram divididos em quatro diferentes grupos, sendo 20 indivíduos por grupo. O primeiro grupo foi composto por trabalhadores da área da combustão e que estavam diretamente expostos a material particulado. O segundo grupo era formado por indivíduos indiretamente expostos, constituído por trabalhadores em escritório da empresa localizado a 200 metros do local de combustão. O terceiro grupo era formado por indivíduos residentes na cidade de Capivari de Baixo, situada a 2 km do local de combustão. O quarto grupo foi considerado o de controle (não exposto), sendo constituído por voluntários doadores de sangue, provenientes do banco de sangue do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU-UFSC), situado a 100 km do local de combustão. Os resultados permitiram concluir que a exposição a material particulado promoveu estresse oxidativo em trabalhadores, direta ou indiretamente,

expostos a emissões da combustão de carvão de central eléctrica, bem como em residentes próximos das emissões, o qual foi evidenciado pela depleção de defesas antioxidantes não enzimáticas e enzimáticas, além da promoção de danos oxidativos em lípídeos e proteínas.

3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO SETOR CARBONÍFERO

Na presente seç serão apresentados os principais instrumentos jurídicos na esfera ambiental que regulam, de forma direta ou indireta, esse setor econômico em nível federal e no Estado de Santa Catarina, tendo como com foco a região carbonífera.

3.1 Legislação em nível federal

A atual Constituição Federal do Brasil (CF/88), promulgada em 5 de outubro de 1988, tem um capítulo dedicado, exclusivamente, ao meio ambiente, mostrando grande preocupação com sua preservação. No *caput* do art. 225, está previsto que todos têm direito ao ambiente ecologicamente equilibrado e o dever de preservá-lo para as presentes e futuras gerações. De acordo com o referido artigo, incumbe ao Poder Público: exigir, na forma da lei, o estudo de impacto ambiental, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente e de dar publicidade a este estudo (§1º, inciso IV); controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (§ 1º, inciso V); proteger a fauna e a flora, sendo vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade (§ 1º, inciso VII). No § 2º do art. 225, está determinada a obrigatoriedade de recuperar o meio ambiente degradado para quem explorar recursos minerais. Por fim, o § 3º do referido artigo determina que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. Além

do art. 225, cabe destacar o art. 5º, inciso LXXIII da CF/88, o qual preconiza que qualquer cidadão é parte legítima para propor ação popular que vise a anular ato lesivo ao patrimônio público ou de entidade de que o Estado participe, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e cultural (BRASIL, 1988). Portanto, muito embora a Constituição não trate diretamente sobre o setor carbonífero, cabe salientar que essas diretrizes apontadas em seu texto expressam sua preocupação com atividades geradoras de impacto ambiental e, dentre elas, pode-se sugerir a atividade de mineração de carvão.

O Decreto n. 62.934, de 2 de julho de 1968, aprovou o regulamento do Código de Mineração. A preocupação com o meio ambiente pode ser encontrada no seu art. 54, que determina que o titular da concessão de lavra ficará sujeito a algumas exigências, tais como evitar poluição do ar ou da água resultante dos trabalhos de mineração e proteger e conservar as fontes de água (BRASIL, 1968).

A Lei Federal n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e de seus diferentes órgãos de gestão. Dentre seus princípios estabelecidos no art. 2º, se destaca a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, o planejamento e a fiscalização do uso dos recursos ambientais, o controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras e a recuperação de áreas degradadas. Em seu art. 14 está a previsão de que o não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores a penalidades, tais como multas, perda ou restrição de incentivos ou benefícios fiscais e suspensão da atividade (BRASIL, 1981).

O Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989, que regulamenta a Lei n. 6.938/1981, prevê, em seu art. 1º, que os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório do Impacto Ambiental (RIMA), submeter à aprovação do órgão ambiental competente plano de recuperação de área degradada (BRASIL, 1989).

A Lei Federal n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como “Lei dos Crimes Ambientais”, dispõe sobre sanções penais e

administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Em seu art. 54, estão previstas sanções para quem causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. As penas são agravadas se o crime: tornar uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana; causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população; causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade; ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos. Conforme o parágrafo 3º do mesmo artigo, também é passível de punição quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível. O art. 55 prevê sanções para quem executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com o previsto nesses instrumentos.

Além disso, também há a previsão de punição para quem deixa de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente. No art. 56, são determinadas sanções para quem produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou em seus regulamentos. As penas também estão previstas para quem manipula, acondiciona, armazena, coleta, transporta, reutiliza, recicla ou dá destinação final a resíduos perigosos de forma diversa da estabelecida em lei ou regulamento (BRASIL, 1998).

A Lei Federal n. 10.650, de 16 de abril de 2003, dispõe sobre o acesso público a dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). No seu art. 20 e incisos, está previsto que órgãos e entidades da Administração

Pública, direta, indireta e fundacional, integrantes do Sisnama ficam obrigados a permitir o acesso público a documentos, expedientes e processos administrativos que tratem de matéria ambiental relativa à qualidade do meio ambiente; políticas, planos e programas potencialmente causadores de impacto ambiental; resultados de monitoramento e auditoria nos sistemas de controle de poluição e de atividades potencialmente poluidoras, bem como a planos e ações de recuperação de áreas degradadas; acidentes, situações de risco ou de emergência ambientais; emissão de efluentes líquidos e gasosos e produção de resíduos sólidos; substâncias tóxicas e perigosas, entre outros (BRASIL, 2003).

A Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Recursos Sólidos, na qual reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. O seu art. 47, inciso II, proíbe o lançamento de resíduos sólidos ou rejeitos *in natura* a céu aberto, com exceção dos resíduos de mineração (BRASIL, 2010).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) é o órgão consultivo e deliberativo do Sisnama que tem competência para deliberar sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado. Dentre os institutos jurídicos do Conama, encontra-se a Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre o EIA e o respectivo Rima. O art. 2º prevê a necessidade de elaboração de EIA/Rima a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do Ibama em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, incluindo a extração de combustível fóssil como o petróleo, o xisto e o carvão. O seu art. 5º determina que o EIA, além de atender à legislação, em especial aos princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, deverá contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto; identificar e avaliar, sistematicamente, os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em

todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza; considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade (CONAMA, 1986).

O art. 6º da mesma resolução dispõe que o EIA desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas: diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando o meio físico, o meio biológico e o meio socioeconômico. Deverá conter a análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e em médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; e a distribuição dos ônus e benefícios sociais. Definir medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas. Elaborar um programa de acompanhamento e monitoramento, considerando os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerado (CONAMA, 1986).

O art. 7º da mesma resolução determina que o EIA será realizado por equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável, tecnicamente, pelos resultados apresentados. Ainda na Resolução Conama n. 001/1986, existem os parâmetros para a realização do Rima, em seu art. 9º, o qual determina que o Rima deverá refletir as conclusões do EIA e conterá, no mínimo: os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais; a descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação, a área de influência, as matérias-primas, a mão de obra, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem

gerados; a síntese dos resultados dos estudos de diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; a descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos, indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação; a caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações de adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização; a descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado; o programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos; a recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral). Por fim, o art. II preconiza que, respeitado o sigilo industrial, o Rima será acessível ao público (CONAMA, 1986).

A Resolução do Conama n. 237, de 19 de dezembro de 1997, trata do licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras. O seu art. 2º prevê que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. Dentre as atividades, está a mineração, incluindo o processo de extração e tratamento de minerais, pesquisa mineral com guia de utilização, lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento, lavra subterrânea com ou sem beneficiamento, lavra garimpeira, indústria de produtos minerais não metálicos, beneficiamento de minerais não metálicos não associados à extração. A necessidade de audiência pública foi confirmada no art. 10, inciso V como etapa do procedimento de licenciamento ambiental (CONAMA, 1997).

Por fim, cabe também destacar a Resolução do Conama n. 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos-d'água

receptores, incluindo-se valores de pH e concentração de metais comumente presentes em efluentes de mineração de carvão (CONAMA, 2011).

Portanto, é possível observar que a legislação ambiental infra-constitucional aqui elencada trata da regulação do setor carbonífero tanto de forma indireta como direta.

3.2 Legislação no Estado de Santa Catarina

Em 5 de outubro de 1989, foi criada a Constituição do Estado de Santa Catarina, na qual a atividade carbonífera é citada no Capítulo II, art. 8º, que designa o Estado para exercer, em seu território, todas as competências que não lhe sejam vedadas pela CF/88, especialmente, explorar, em articulação com a União e com a colaboração do setor privado, mediante autorização, concessão ou permissão, serviços e instalações de energia elétrica e aproveitamento energético de cursos-d'água, bem como o carvão mineral. A preocupação com a degradação ambiental causada pela atividade carbonífera também aparece no art. 183 da Constituição Estadual, que prevê a destinação de recursos financeiros provenientes de exploração de petróleo, gás natural, mananciais hídricos e carvão mineral preferencialmente em programas e projetos de fiscalização, conservação e recuperação ambiental (SANTA CATARINA, 1989).

A Lei Estadual n. 14.675, de 13 de abril de 2009, instituiu o Código Estadual do Meio Ambiente, em que apresenta a preocupação com a poluição dos cursos hídricos e a interferência na fauna e na flora provocada pela extração de carvão mineral. O art. 179 define que os padrões de qualidade do ar devem ser aqueles previstos em normas federais, cabendo ao Conselho Estadual do Meio Ambiente (Consema) estabelecer padrões adicionais aos existentes no âmbito federal, e a regulamentação dos padrões de qualidade do ar deve conter a definição dos parâmetros que servirão de indicadores de níveis de alerta, emergência ou crítico, conforme a qualidade do ar em aglomerados urbanos e industriais e em locais onde exista geração de energia por queima de carvão ou de petróleo. O art. 272 estabelece que o reaproveitamento, ou

a remineração dos resíduos da mineração de carvão mineral, é considerado atividade econômica potencialmente causadora de degradação ambiental e deve ser submetida a licenciamento ambiental (SANTA CATARINA, 2009).

Por sua vez, a Lei Estadual n. 13.972, de 26 de janeiro de 2007, dispensa de EIA e de RIMA a atividade de pequeno porte de extração de carvão mineral a céu aberto, em áreas remanescentes mineradas em subsolo e a céu aberto, de até cinco hectares (SANTA CATARINA, 2007).

A Fundação do Meio Ambiente (Fatma) é o órgão ambiental da esfera estadual do Governo de Santa Catarina. Na Portaria n. 017, de 18 de abril de 2002, são estabelecidos os limites máximos de toxicidade aguda para efluentes de diferentes origens. Ela também determina que as substâncias existentes no efluente não poderão causar ou possuir potencial causador de efeitos tóxicos capazes de provocar alterações no comportamento, e que a fisiologia dos organismos aquáticos presentes no corpo receptor e que a toxicidade aguda do efluente deverão ser determinadas em laboratório, mediante a elaboração de testes ecotoxicológicos padronizados (FATMA, 2002).

O Consema é um órgão consultivo, regulamentador, deliberativo e com participação social em matéria ambiental do Estado de Santa Catarina. Dentre as leis aprovadas por esse órgão está a Resolução n. 02, de 14 de dezembro de 2006, que classifica as atividades carboníferas como potencialmente causadoras de degradação ambiental para fins do exercício de competência do licenciamento ambiental-municipal (CONSEMA, 2006). Outra norma relacionada à extração de carvão mineral é a Resolução n. 24, de 14 de maio de 2013, que dispõe sobre critérios de licenciamento ambiental no uso de equipamento de dragagem em atividades de mineração em corpos hídricos (CONSEMA, 2013).

3.3 Legislação na região carbonífera de Santa Catarina

Além da existência de leis ambientais em nível estadual que regulam a atividade de mineração de carvão em Santa Catarina, também podem ser encontradas legislações específicas aprovadas

pelos Municípios que compõem a região carbonífera do sul do Estado.

O Município de Criciúma se preocupou, primeiramente, com criação de uma Assessoria de Meio Ambiente, por meio da Lei n. 1.895, de 11 de agosto de 1983, que dispõe sobre a estrutura da Prefeitura Municipal e determina a competência da assessoria de meio ambiente. De acordo com a referida lei, cabe ao poder municipal controlar a poluição ambiental, adotando medidas compatíveis para seu equacionamento e limitação; manter sempre atualizada a relação de agentes poluidores e substâncias nocivas, no que se refere aos interesses do Município; acompanhar o estado de qualidade ambiental do Município; prevenir, controlar e minimizar os problemas de poluição ambiental mais críticos, decorrentes da mineração e do uso do carvão; executar obras de recuperação de áreas degradadas, especialmente aquelas originadas pela disposição inadequada de resíduos industriais (CRICIÚMA, 1983).

A Lei n. 2.081, de 5 de setembro de 1985, criou a legislação ambiental no Município de Criciúma. O art. 15 veta a colocação de rejeitos e estéreis das minas de carvão como aterro e nas rodovias no Município, sem projeto aprovado pelos órgãos competentes, com o objetivo de não haver poluição das águas (CRICIÚMA, 1985). Outra lei de Criciúma que está relacionada ao setor carbonífero é a Lei n. 2.658, de 23 de dezembro de 1991, a qual proíbe o transporte de carvão mineral em uma avenida central da cidade (CRICIÚMA, 1991).

No Município de Içara, foi aprovada a Lei n. 841, de 2 de janeiro de 1991, que institui o Código de Obras do Município, cujo art. 323 determina que as áreas prioritárias para implantação de terrenos sanitários são as áreas de mineração de argila, carvão e outros minerais, já desativadas, com o objetivo de recuperação de paisagem. O art. 328 proíbe a colocação de rejeitos e estéreis das minas de carvão com aterro nas rodovias municipais sem projeto aprovado pelo órgão ambiental competente (IÇARA, 1991).

O Município de Orleans se destaca no combate à poluição e a danos ambientais. Em 5 de dezembro de 1980, foi criado o Código de Postura, através da Lei n. 604/80 e, posteriormente, modificado pela Lei n. 662, de 28 de setembro de 1983. O art. 22 da Lei n. 662/1983 atribui à Prefeitura a tarefa de controlar as novas fontes de poluição

ambiental, além de controlar a poluição através de análise, estudos e levantamentos das características do solo, das águas e do ar e adotar medidas corretivas nas instalações capazes de poluir o meio ambiente de acordo com as exigências do código. O art. 24, inciso I determina que as empresas localizadas no Município que utilizarem carvão mineral como matéria-prima, combustível e outros, deverão apresentar projetos de controle de poluição ao órgão competente. O art. 25, inciso I estipula que essas empresas de mineração de carvão também deverão apresentar ao órgão competente projetos e cronogramas de execução de tratamento de efluentes líquidos da drenagem da mina, de transporte, manuseio, disposição final e/ou parcial de subprodutos e resíduos sólidos, originados da lavra ou do beneficiamento de carvão e de recuperação de área mineradora. O inciso II do art. 25 determina que o transporte, o manuseio e a estocagem do carvão mineral e subprodutos, da mina ao consumidor, dentro do Município, deverão ser efetuados utilizando medidas que evitem a poluição do ar e das águas de modo a atender às exigências dos diplomas legais vigentes. No art. 26, estão previstas penalidades em caso de infração das normas da referida lei.

Em 24 de maio de 2000, foi aprovada a Lei n. 1.529/2000, a qual pode ser considerada a de maior impacto sobre o setor carbonífero. O art. 73 determina que ficam vedadas, em todo território do Município de Orleans, atividades relacionadas à extração e ao beneficiamento de carvão mineral e que não será concedida Licença Municipal, independentemente de autorização federal e estadual, a pessoas físicas e jurídicas interessadas na extração e no beneficiamento de carvão mineral (ORLEANS, 1983; ORLEANS, 2000).

No Município de Morro da Fumaça, a única norma ambiental relacionada à mineração de carvão encontrada em nossos estudos foi a Lei n. 1.129, de 17 de dezembro de 2003, que cria o Código de Postura do Município. O art. 16 determina que haja cautela no transporte de cal, carvão ou outros materiais que possam prejudicar o asseio dos logradouros públicos ou espalhar pela atmosfera (MORRO DA FUMAÇA, 2003).

No Município de Forquilha, foi sancionado o Código Ambiental pela Lei n.193, de 2 de dezembro de 1992, no qual é enfatizada a preocupação com os danos ambientais causados pela atividade carbonífera na

cidade. O art. 30 dessa lei fixa diretrizes para a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental do Município, visando, especialmente: à compatibilização da indústria do carvão e outras, com o desenvolvimento da agricultura e pecuária da região, à proteção, preservação e melhoria da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; à fiscalização do cumprimento dos padrões e normas de proteção ambiental, principalmente aquelas constantes em Lei Federal própria e as previstas no Código de Mineração; à fixação de critérios para a implantação de indústrias em zonas apropriadas; à formação de consciência pública voltada à necessidade de melhoria e proteção da qualidade do ambiente (FORQUILHINHA, 1992).

No Município de Araranguá, o maior destaque relacionado à legislação ambiental do setor carbonífero pode ser dado pela aprovação da Lei n. 2.858, de 17 de fevereiro de 2010. O seu art. 1º determina a proibição da extração de carvão mineral, bem como das atividades relacionadas ao beneficiamento e à queima de carvão mineral em todo o território do Município. O art. 2º reza que a presente lei visa a preservar os recursos naturais, em especial os recursos hídricos, tais como mananciais, nascentes e olhos-d'água que abastecem a população do Município, a fauna e a floresta nativas e transplantadas, as regiões ribeirinhas, os mangues e estuários, bem como possibilitar e melhorar o nível de vida da população, ao assegurar o bem-estar dos seus cidadãos. O art. 3º afirma que não será concedida licença municipal para pesquisas com esse referido fim, independentemente de autorização federal, estadual a pessoas físicas e jurídicas interessadas na extração e no beneficiamento de carvão mineral. Entretanto, houve a propositura de Ação Direta de Inconstitucionalidade a pedido do Sindicato da Indústria de Extração do Carvão de Santa Catarina, a qual foi acatada, sendo a referida lei revogada (BARBOSA, 2013).

Por fim, em nossos estudos, não foi encontrada legislação ambiental aplicada à mineração de carvão no ordenamento jurídico dos Municípios de Lauro Muller, Urussanga, Treviso e Siderópolis, Cocal do Sul e Nova Veneza, os quais também fazem parte da região carbonífera do Estado de Santa Catarina.

4 Impactos ambientais e legislação ambiental do setor carbonífero: algumas reflexões

O Brasil se destaca pela diversidade de biomas, biodiversidade e belezas naturais. Além disso, o País assumiu compromissos importantes perante as organizações internacionais, destinados à preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações. Para tal propósito, tem criado diferentes mecanismos de controle da atividade econômica de forma a garantir a livre-iniciativa aliada ao desenvolvimento sustentável, conforme previsto na CF/88.

Entre as ações, destacam-se a melhoria constante da legislação ambiental através da criação de políticas ambientais nacionais, estaduais e locais, bem como de sistemas de gestão e de controle dessas políticas. Essas ações são muito importantes, uma vez que o sistema jurídico tem uma relevância significativa para a garantia da efetividade dos direitos e do cumprimento dos deveres. No entanto, a eficiência da legislação pode ser prejudicada por omissões, contradições, inconsistências, incoerências e fraquezas em suas bases jurídicas.

Como descrito, a indústria carbonífera desempenha um papel importante na economia na região sul de Santa Catarina, mas tem gerado impactos sociais e ambientais negativos. Essa realidade fez suscitar a necessidade de avaliar se a legislação em vigor tem sido um dos fatores que poderiam estar associados a esse problema.

Em nossos estudos, foi possível constatar que são escassas e/ou de difícil acesso leis de proteção ambiental em nível federal, estadual e municipal, direcionadas, diretamente, ao setor carbonífero. Também se pode perceber que a legislação existente não engloba, de forma completa, todas as etapas envolvidas nessa atividade econômica, que incluem, desde a pesquisa para implantação de empresa mineradora, até a utilização do minério em uma termoelétrica.

Observou-se que a legislação possível de ser acessada encontra-se de forma descentralizada, em diferentes ambientes virtuais oficiais, dos diversos órgãos governamentais, o que dificulta a pesquisa e a compilação dos dispositivos legais em estudo.

Ressalta-se, ainda, que a maioria dos Municípios que compõem a região carbonífera do sul de Santa Catarina não apresenta e/ou não torna disponível, de forma efetiva, a normatização desse setor em termos de proteção ambiental, apesar de os impactos da mineração do carvão sobre o meio ambiente serem extremamente significativos. Constatou-se que os maiores interesses dos governos municipais estão restritos à regulamentação do transporte do minério e à delimitação de rodovias de carregamento dos mesmos e à criação de sindicatos dos trabalhadores em minas.

Assim, é possível sugerir que a omissão, ou não disponibilização das leis observadas, em nossos estudos, pode comprometer o processo de prevenção e precaução de impactos ambientais presentes nas diferentes etapas da atividade carbonífera e nos mecanismos de fiscalização. Além disso, entende-se que fica comprometido o direito do cidadão ao acesso às informações relacionadas ao meio ambiente, conforme preconizado pela lei da Política Nacional do Meio Ambiente.

Conforme descrito, a Lei Estadual n. 13.972/2007 dispensa o EIA e o RIMA para atividades de pequeno porte de extração de carvão mineral de até cinco hectares em área que já tenha sofrido com a degradação causada pelo impacto da mineração do carvão. Entendeu-se que essa diretriz contraria o que está previsto na CF/88, em seu art. 225, §1º e incisos, que determina a obrigatoriedade da elaboração desses estudos para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, em que se enquadra a atividade de extração de carvão mineral.

Considerando-se que a Resolução do Conama n. 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, incluindo-se valores de pH e concentração de metais, foi possível constatar, em nossos estudos, que muitos contaminantes oriundos da mineração de carvão no sul-catarinense têm apresentado valores desses parâmetros acima do preconizado, prejudicando, assim, o meio ambiente e a população.

Durante a execução da pesquisa, foram encontrados trabalhos que relatam danos no solo, na água ou no ar causados pela destinação

indevida de rejeitos da mineração. Entretanto, a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que trata da Política Nacional de Recursos Sólidos, em seu art. 47, II, proíbe o lançamento de resíduos sólidos ou rejeitos *in natura* a céu aberto, porém com exceção dos resíduos de mineração. Entretanto, essa legislação não especifica o tempo máximo que o resíduo de mineração poderá permanecer a céu aberto. Essa informação seria relevante, uma vez que a deposição de rejeitos pode produzir drenagem ácida ou sofrer combustão espontânea, gerando contaminantes atmosféricos. Dessa forma, sugere-se que a lei seja reformulada, de forma a evitar o potencial contaminante dos rejeitos de mineração depositados a céu aberto.

Também há de se ressaltar os trabalhos científicos realizados na região carbonífera que referem efeitos tóxicos provocados por efluentes da mineração, uma vez que a Portaria n. 017, de 18 de abril de 2002 da Fatma, entre outras diretrizes, estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens, e que os mesmos não poderão causar ou possuir potencial causador de efeitos tóxicos capazes de provocar alterações no comportamento e na fisiologia dos organismos aquáticos presentes no corpo receptor.

Portanto, foi possível constatar, na presente pesquisa, diversos fatores que poderiam comprometer a proteção legal do meio ambiente em decorrência da atividade carbonífera, de forma específica, a desenvolvida na região sul-catarinense. Essa realidade aponta à proposição de algumas alternativas capazes de minimizar a problemática em questão.

Estratégias como a criação de normas ambientais mais específicas, integradas e orientadas para o setor carbonífero nos níveis federal, estadual e local, além da regulamentação do setor nos Municípios da região sul-catarinense poderiam contribuir para a resolução do problema da omissão observada. Além disso, a garantia do acesso a essa legislação através de compilação e divulgação em ambientes virtuais de acesso livre e gratuito também poderia ser uma medida relevante. A correção de potenciais antagonismos e fragilidades das leis é outra demanda a ser levada em consideração. Também é importante perceber que os aspectos de saúde, socioeconômicos, ambientais e ocupacionais no ambiente físico estão interligados e, nesse sentido, é essencial um

trabalho colaborativo para discutir como melhorar e desenvolver esse quadro jurídico. Não menos importante, nessa discussão, é a criação de mecanismos para garantir que a legislação seja cumprida.

Por fim, além da discussão sobre o papel do sistema legal nesse processo, é também imperativa a avaliação dos fatores políticos, econômicos e sociais que podem estar associados a danos ambientais resultantes da atividade carbonífera na região.

Considerações finais

Em nossos estudos, observou-se que as leis de proteção ambiental, em nível federal, estadual e municipal, direcionadas diretamente ao setor carbonífero, são escassas e/ou de difícil acesso, sendo que a legislação existente não engloba todas as etapas envolvidas na atividade carbonífera.

A maioria dos Municípios da região carbonífera sul-catarinense não apresenta e/ou não torna disponível a legislação de proteção ambiental do setor em estudo, apesar de seus impactos sobre o meio ambiente. A omissão, a não disponibilização e a contradição das leis ambientais que regulam o setor carbonífero podem comprometer o processo de prevenção e precaução de impactos sobre o meio ambiente e os mecanismos de fiscalização.

Atualmente, muitos trabalhos têm citado danos ao solo, à água e ao ar, além de efeitos tóxicos sobre a fauna e o comprometimento da saúde humana em decorrência da mineração do carvão. Os impactos ambientais negativos que ainda são provocados pela atividade carbonífera, em especial na região carbonífera de Santa Catarina, poderiam estar associados à omissão e a fragilidades do ordenamento ambiental desse setor econômico.

Estratégias como a criação e disponibilização de normas ambientais mais específicas, integradas e orientadas ao setor carbonífero, nos níveis federal, estadual e, principalmente, voltadas aos Municípios da região sul catarinense, poderiam contribuir para a proteção do seu meio ambiente.

Referências

AMARAL, J. E.; KREBS, A. S. J. Drenagem ácida da mineração de carvão e sua inter-relação com metais pesados e recarga de aquíferos na bacia carbonífera do Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2010, São Luís □ MA. [Anais...], São Paulo: AB, 2010.

ÁVILA-JÚNIOR, S. *Avaliação do estresse oxidativo em indivíduos expostos direta e indiretamente à atividade de mineração do carvão, antes e após suplementação com vitaminas "C" e "E"*. 108 f. Tese (Doutorado em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

BENASSI, J. C.; LAUS, R.; GEREMIAS, R. *et al.* Evaluation of Remediation of Coal Mining Wastewater by Chitosan Microspheres Using Biomarkers. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, v. 51, p. 633-640, 2006.

BONA, A. *Toxicidade das águas do rio Carvão, Município de Urussanga □ SC, antes e após o seu tratamento com rejeito piritoso calcinado, utilizando-se organismos bioindicadores*. 2010. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) □ Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.

BORGES, A. B. *Estudos de toxicidade das águas da Bacia Hidrográfica do rio Urussanga, utilizando-se organismos bioindicadores Artemia sp. e Daphnia magna, antes e após a remediação com rejeito de mineração de carvão*. 2009. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) □ Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 5 de outubro de 1988.

BRASIL. *Decreto n. 6.2.934, de 2 de julho de 1968*. Aprova o Regulamento do Código de Mineração. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D62934.htm. Acesso em: 10 maio 2018.

BRASIL. *Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989*. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm. Acesso em: 9 jan. 2018.

BRASIL. *Lei n. 10.650, de 16 de abril de 2003*. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades

integrantes do Sisnama. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.650.htm. Acesso em: 28 ago. 2018.

BRASIL. *Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 9 jan. 2018.

BRASIL. *Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 2 maio 2018.

BRASIL. *Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 3 jan. 2019.

BRUCHCHEN, L. M.; SILVAL, P. S.; SILVEIRA, F. Z. *et al.* Avaliação da toxicidade das águas do rio Criciúma (Criciúma, Santa Catarina, Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e abordagens ecotoxicológicas. *Ecotoxicol. Environ. Contam.*, v. 8, n. 2, p. 23-30, 2013.

CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. *Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]*. v. 27, n. 6, p. 1.123-1.137, 2003.

CAMPOS, M.L.; ALMEIDA J.A.; SILVEIRA, C. B. *et al.* Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 9, n. 2, p. 198-205, 2010.

CONAMA. *Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 5 jan. 2019.

CONAMA. *Resolução n. 237, de 19 de dezembro de 1997*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 5 jan. 2019.

CONAMA. *Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 6 jan. 2018.

CONSEMA. *Resolução n. 2, de 14 de dezembro de 2006*. Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente – Fatma e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento. Disponível em: http://www.famcri.sc.gov.br/legislacao/resol_consema_2006_1.pdf. Acesso em: 10 maio 2018.

CONSEMA. *Resolução n. 24, de 14 de maio de 2013*. Dispõe sobre critérios de Licenciamento Ambiental do uso de equipamento de dragagem em atividades de mineração em corpos hídricos. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/51resolucao-consema-no-24-m-controle-eletronico-de-mineracao-doe/file>. Acesso em: 10 maio 2018.

COSTA, S.; ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. *Revista Árvore*, v. 33, n. 4, p. 665-674, 2009.

CRICIÚMA. *Lei n. 1.895, de 3 de agosto de 1983*. Dispõe sobre a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de Criciúma. Disponível em: <http://www.camaracriciuma.sc.gov.br/documento/lei-no-1895-1983-1791>. Acesso em: 8 jan. 2019.

CRICIÚMA. *Lei n. 2.081, de 5 de setembro de 1985*. Cria a legislação ambiental no Município de Criciúma e dá outras providências. Disponível em: <http://cm-criciuma.jusbrasil.com.br/legislacao/996274/lei-2081-85>. Acesso em: 7 jan. 2019.

CRICIÚMA. *Lei n- 2.658, de 23 de dezembro de 1991*. Proíbe o transporte de carvão mineral na Avenida dos Imigrantes. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/25862029/lei-n-2658-de-23-de-dezembro-de-1991-do-municipio-de-criciuma>. Acesso em: 4 jan. 2019.

FATMA. *Portaria n. 017, de 18 de abril de 2002*. Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências. Disponível em: http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd_carboniferas/agua/portaria_017-2002_na_integra.pdf. Acesso em: 17 mar. 2019.

FARIAS, C. E. G. *Mineração e meio ambiente no Brasil*: Relatório do CGEE/Pnud, 2002.

FORQUILHINHA. *Lei n. 193, de 2 de dezembro de 1992*. Cria a legislação ambiental do município de forquilha e dá outras providências. Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/>

legislacoes/bd_carboniferas/leis_organicas/forquilha/lei_193-92.pdf.
Acesso em: 7 jan. 2019.

FRANCISCONI, M. S. Análise da toxicidade de drenagem ácida de mina de carvão antes e após o seu tratamento com rejeito piritoso calcinado, utilizando organismos bioindicadores. 2010. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) □ Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.

FREITAS, M. *Efeitos da concentração de Zn e Mn nos efluentes da exploração de carvão na anatomia de Typha domingensis Pers (TYPHACEAE)*. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2007.

GEREMIAS, R.; MACAN, J. M.; TEIXEIRA, G. A. *et al.* Utilização de *Allium cepa* L. para o monitoramento da remediação de efluentes de mineração de carvão. In: HERKOVITS, J. (org). *Química y toxicología ambiental en América Latina*. Buenos Aires: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 2009.

GEREMIAS, R. *Utilização de rejeito de mineração de carvão como adsorvente para redução da acidez e remoção de íons de metais em drenagem ácida de mina de carvão*. 2008. 121 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

GEREMIAS, R.; PEDROSA, R. C.; BENASSI, J. C. *et al.* Remediation of coal mining wastewaters using chitosan microspheres. *Environ. Technol.*, v. 24, p. 1.509-1.515, 2003.

GODOY, M. J.; ARTAXO, P. Aerosol source apportionment around a large coal fired power plant-Thermoelectric complex Jorge Lacerda, Santa Catarina, Brazil. *Atmospheric Environment*, v. 39, n. 29, p. 5307-5324, 2005.

GONÇALVES, L. R. *Avaliação do impacto ambiental na atividade mineradora de carvão e da qualidade da água na bacia do rio Urussanga*. 2008. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

IÇARA. *Lei n. 841, de 2 de janeiro de 1991*. Institui o código de obras do Município de Içara, Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://camara-municipal-da-icara.jusbrasil.com.br/legislacao/764566/lei-841-91>. Acesso em: 15 jan. 2018.

LATTUADA, R. M.; MENEZES, C. T. B.; PAVEL, P.T. Determination of metals by total reflection X-ray fluorescence and evaluation of toxicity of

a river impacted by coal mining in the south of Brazil. *Journal of Hazardous Materials*, v. 163, p. 531-537, 2009.

LEFFA, D. D.; DAMIANI, A. P.; SILVA J. da *et al.* Evaluation of the genotoxic potential of the mineral coal tailings through the Helix aspersa (Müller, 1774). *Arch Environ Contam Toxicol.*, v. 59, n. 4, p. 614-21, 2010.

MAFRA JÚNIOR, A. M.; MADEIRA, M. S. *A segurança do trabalho em minas de carvão agindo na prevenção da pneumoconiose □ região carbonífera de Santa Catarina*. 2015. 74 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005.

MENEGON, J. M. *Avaliação da toxicidade de águas de drenagem de minas de carvão, utilizando-se parâmetros físico-químicos e bioindicadores*. 2005. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005.

MARTINS, M. C. *Avaliação genotóxica em hortaliças cultivadas em áreas de exploração de carvão: potencial mutagênico e riscos à saúde humana*. 2014. 119 p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

MORRO DA FUMAÇA. *Lei n. 1.129, de 17 de dezembro de 2003*. Institui Código de Posturas do Município de Morro da Fumaça e dá outras providências. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/26232118/artigo-206-da-lei-n-1129-de-17-de-dezembro-de-2003-do-municipio-de-morro-da-fumaca>. Acesso em: 4 jan. 2018.

NETTO, E. *Avaliação da toxicidade em organismos bioindicadores expostos à drenagem ácida de mina de carvão antes e após o seu tratamento com sedimentos gerados em estação de tratamento de efluentes*. 2010. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.

ORLEANS. *Lei n. 1.529, de 24 de maio de 2000*. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/19120407/lei-n-1529-de-24-de-maio-de-2000-do-municipio-de-orleans>. Acesso em: 10 jan. 2019.

ORLEANS. *Lei n. 662, de 28 de setembro de 1983*. Altera dispositivos da Lei n. 604, de 5 de dezembro de 1980 (Código de Posturas do Município). Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/19151058/lei-n-662-de-28-de-setembro-de-1983-do-municipio-de-orleans/legislacao>. Acesso em: 10 jan. 2019.

PAVEI, P.T. *Caracterização e estudo do comportamento de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em ecossistemas aquáticos contaminados pelas atividades mineração de carvão*. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2007.

PEREIRA, J. G. *Genotoxicidade em tecido hepático e sanguíneo de camundongos tratados com baccharis trimera (less.) Dc. de ocorrência em solo degradado pela mineração de carvão a céu aberto*, Treviso – SC, 2008. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) □ Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2008.

PINHO R. A.; BONOATTO, F.; ANDRADES, M. F. *et al.* Lung oxidative response after acute coal dust exposure. *Environmental Research*, v. 96, n. 3, p. 290-297, 2004.

POSSAMAI, F. P.; SÁ J.; PARISOTTO, E. B. *et al.* Antioxidant intervention compensates oxidative stress in blood of subjects exposed to emissions from a coal electric-power plant in South Brazil. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 30, p. 175-180, 2010.

QUISPE, D.; PÉREZ-LÓPEZ, R.; SILVA, L. F.; NIETO, J. M. Changes in mobility of hazardous elements during coal combustion in Santa Catarina power plant (Brazil). *Fuel*, v. 94, p. 495-503, 2012.

RAVAZZOLI, C. A problemática ambiental do carvão em Santa Catarina: sua evolução até os termos de ajustamento de conduta vigente entre os anos de 2005 e 2010. *Geografia em Questão*, Marechal Cândido Rondon, v. 6, n. 1, p. 179-201, 2013.

RIBEIRO, J. T.; FERREIRA, G. C. Mineração subterrânea de carvão versus comunidade no seu entorno: um exemplo de Santa Catarina. *Revista Escola de Minas*, v. 60, n. 3, p. 459-464, 2007.

SANTA CATARINA. *Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009*. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_14.30.40.b479cb7a256a963c9e0bbf87bd860d38.pdf. Acesso em: 20 abr. 2018.

SANTA CATARINA. *Lei n. 13.972, de 26 de janeiro de 2007*. Dispõe sobre a dispensa de Estudo de Impacto Ambiental – EIA, e Relatório de Impacto Ambiental – Rima, para a atividade de pequeno porte de extração de carvão mineral a céu aberto, em áreas remanescentes mineradas em subsolo e a

céu aberto, de até cinco hectares. Disponível em: http://www.fundai.sc.gov.br/files/legislacoes/legislacao_56.pdf. Acesso em: 18 abr. 2018.

SANTA CATARINA. *Constituição do Estado de Santa Catarina, de 5 de outubro de 1989*. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/70453>. Acesso em: 10 jan. 2015.

TEIXEIRA, G. A.; GEREMIAS, R.; PICH, C. T. T. *et al.* Avaliação da toxicidade de efluentes mineração de carvão, utilizando-se parâmetros físico-químicos e teste cometa em *Allium cepa* L. In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADE DE BIOLOGIA, 19., 2004, Águas de Lindoia – SP. *Caderno de Resumos*,

Águas de Lindoia – SP, 2004.

TEIXEIRA, G. A.; MACAN, J. M.; SCHOENFELDER, T. *et al.* Monitoramento da remediação de efluentes de mineração de carvão por flotação, utilizando-se parâmetros físico-químicos e bioindicadores. In: CONGRESSO SETAC – LA, 7., 2005, Santiago. *Caderno de Resumos*, Santiago, 2005.

ZIM, A. N. Diagnóstico ambiental da região carbonífera de Santa Catarina: degradação dos recursos naturais. *Revista de Tecnologia e Ambiente*, Criciúma – SC: Unesc, v. 5, n. 2, 1999.

ZOCHE, J. J.; LEFFA, D. D.; DAMIANI, A. D. *et al.* Heavy metals and DNA damage in blood cells of insectivore bats in coal mining areas of Catarinense coal basin. *Brazil Environmental Research*, v. 110, n. 7, p. 684-691, 2010.