



Ambiente & Sociedade

ISSN: 1414-753X

revista@nepam.unicamp.br

Associação Nacional de Pós-Graduação e

Pesquisa em Ambiente e Sociedade

Brasil

SILVA RUIZ, MAURO; CORREA, ROSANY; CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO, AMARILIS LUCIA;  
SINTONI, AYRTON

ABORDAGENS DE CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS EM CASOS DE SUBSIDÊNCIA DE MINAS DE  
CARVÃO NO BRASIL E EUA

Ambiente & Sociedade, vol. XVII, núm. 2, abril-junio, 2014, pp. 129-156

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade  
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31731560010>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# ABORDAGENS DE CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS EM CASOS DE SUBSIDÊNCIA DE MINAS DE CARVÃO NO BRASIL E EUA

---

MAURO SILVA RUIZ<sup>1</sup>;  
ROSANY CORREA<sup>2</sup>;  
AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO<sup>3</sup>;  
AYRTON SINTONI (*in memoriam*)<sup>4</sup>

Agradecimento<sup>5</sup>

## Introdução

Os bens minerais têm papel de destaque na história da humanidade. Segundo Nunes (2006), é praticamente inimaginável a manutenção e melhoria da qualidade de vida humana, da produção e do consumo, sem a exploração de recursos minerais, assim, o próprio desenvolvimento sustentável depende substancialmente da mineração.

Por sua vez, o aproveitamento dos recursos minerais resulta em impactos e conflitos socioambientais. Esses conflitos podem derivar de embates em função de interesses convergentes ou divergentes sobre o aproveitamento do patrimônio natural – como, por exemplo, a exploração de carvão mineral – ou também de problemas ambientais que se manifestam no presente em função da exploração de recursos no passado – como os decorrentes do aproveitamento mineral da bacia carbonífera de Santa Catarina. Sánchez; Croal (2012, p. 51) ao discutirem o uso de instrumentos de avaliação de impacto na promoção do desenvolvimento sustentável postulam que “conflito em todos os níveis não pode mais ser aceito como parte do processo de desenvolvimento e de tomada de decisão”.

---

<sup>1</sup> Professor Doutor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Programa de Mestrado Profissional em Administração - Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho (Uninove). E-mail: maurosilvaruiz@uninove.br

<sup>2</sup> Professora Assistente da Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Doutoranda do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração da Universidade Nove de Julho (Uninove). E-mail: rosanycorrea@hotmail.com

<sup>3</sup> Professora Doutora do Programa de Mestrado Profissional em Administração - Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho (Uninove). Professora Doutora do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). E-mail: amarilis@uninove.br

<sup>4</sup> Engenheiro de minas, ex-pesquisador da Secretaria de Energia do Estado de São Paulo e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). E-mail: asintoni@energia.sp.gov.br

<sup>5</sup> Os autores agradecem à colega Edna Gubitoso, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pelo apoio na prospecção de bibliografias e criteriosa revisão das citações e referências.

No panorama mundial da mineração de carvão mineral, o estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor no Brasil (DNPM, 2010) e Illinois é o nono entre os estados produtores nos EUA (BAUER, 2008). Nesses dois estados, a degradação ambiental decorrente da exploração do carvão foi bastante expressiva afetando o meio ambiente e a qualidade de vida regional. Estudos visando compreender e mapear problemas relacionados à degradação resultante de antigas minas de carvão, principalmente no estado norte-americano, vem sendo empreendidos há décadas, diversos deles relacionados aos impactos de subsidência de minas subterrâneas. Esses estudos fornecem informações relevantes para instrumentalizar ações de planejamento de uso e ocupação do solo e de mitigação de efeitos de danos ambientais e conflitos socioambientais associados.

Vários autores conceituam conflitos ambientais. Para Pasquino; Bobbio; Matteucci (1986) conflito é uma forma de interação entre indivíduos, grupos, organizações e coletividade que implica choques para o acesso e a distribuição de recursos escassos, cuja compreensão remete à análise dos agentes em conflito e o meio físico e institucional em que eles se manifestam. Carvalho; Scotto (1995) consideram como conflitos socioambientais aqueles que têm a natureza como objeto, gerando muitas vezes o confronto entre os interesses privados e o bem coletivo. Para Pasquino; Bobbio; Matteucci (1986) e Carvalho e Scotto (1995), as situações de conflitos socioambientais caracterizam-se por embates no mesmo espaço físico ou espaços próximos entre atividades minerárias (principalmente a de exploração) e outros usos e ocupação do solo.

Subsidiência de minas subterrâneas e seus efeitos ainda é um assunto pouco estudado no Brasil. As principais publicações sobre o assunto são relatórios técnicos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e algumas dissertações de mestrado. Os conflitos relacionados à subsidência de minas subterrâneas ocorrem no Brasil principalmente em Santa Catarina, embora haja também alguns registros da lavra de zinco em Minas Gerais (SEVÁ, 2011). Coulon (1990) descreve um caso emblemático de subsidência de mina subterrânea de carvão, em Criciúma, Santa Catarina, afetando um conjunto habitacional popular.

Em termos de amparo legal para os conflitos decorrentes de subsidência, nos Estados Unidos, a legislação minerária federal *Surface Mining Control and Reclamation Act* (SMCRA), em vigor desde 1977, contempla regulamentações específicas sobre as consequências da subsidência. A implementação, nos EUA, desta lei federal em Illinois resultou no *Abandoned Mine Lands Reclamation Council* que recebe recursos do governo americano provenientes de um fundo de recuperação de áreas mineradas. Este fundo destina-se à adoção de medidas para a redução dos riscos à segurança e proteção da vida de pessoas em casos de subsidência de minas antigas. Os estados Pennsylvania, Illinois, Kentucky, West Virginia, Ohio, e Colorado têm programas de seguro de subsidência (GRAY, 1990).

Por outro lado, a legislação brasileira aplicável nos casos de subsidência é vaga e exige apenas que a área afetada pela mineração de carvão seja recuperada para algum uso futuro após a lavra (SÁNCHEZ, 1995). Segundo Coulon (1995), a maioria dos problemas associados à subsidência de minas de carvão vem sendo resolvida no judiciário, no âmbito das responsabilidades civil e penal. A pesquisa de Baccin (2011), recentemente realizada,

confirma essa assertiva, destacando que a obtenção de ressarcimento por danos causados pela subsidência, em que não houve acordo com a empresa mineradora, a instância jurídica tem sido o caminho frequentemente percorrido. Problemas de subsidência com danos a propriedades de terceiros nos municípios catarinenses de Treviso, Siderópolis, Forquilhinha, Criciúma, Urussanga e Lauro Müller encontram-se *sub judice* no âmbito do Poder Judiciário Federal (BACCIN, 2011).

Os textos de instrumentos legais brasileiros que disciplinam o encerramento de atividades minerárias, em geral, são genéricos e tratam o assunto subsidência de minas de forma ampla. Sánchez (2011) destaca que nas discussões atuais sobre o setor mineral, o tema fechamento de minas ainda demanda uma reflexão mais aprofundada em função do legado de passivos ambientais típicos da mineração, sendo exemplar o caso das minas abandonadas e áreas degradadas da bacia carbonífera catarinense.

Este artigo aborda os conflitos socioambientais causados pelos processos de subsidência que afetam as residências, propriedades rurais e a comunidade nos estados de Santa Catarina, principalmente no município de Criciúma, Brasil, e Illinois nos EUA.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar situações conflituosas relacionadas à subsidência de minas antigas de carvão, lavradas pelo método de câmara e pilar, em Santa Catarina e em Illinois, procurando identificar lições relevantes obtidas no estado americano que possam servir de referência para ações de gestão ambiental em áreas impactadas por este fenômeno em Santa Catarina.

Entende-se por lições apreendidas um conjunto de conhecimentos obtidos via experiência prática que merece atenção e que pode ser replicado em situações similares a partir das quais foram elaboradas (RUIZ, 1996; DZIEGIELEWSKI; GARBHARRAN; LANGOWSKI JUNIOR, 1993).

## Procedimentos metodológicos

A pesquisa qualitativa e de natureza exploratória foi desenvolvida em duas etapas, sendo a primeira a redação das lições apreendidas em Illinois sobre subsidência e, a segunda, a de confirmação e atualização de seus enunciados junto a especialistas brasileiros em mineração de carvão.

### Redação das lições apreendidas em Illinois

Os enunciados das lições preliminares foram redigidos após minuciosa revisão da literatura, de documentos disponíveis ao público no *Illinois Department of Natural Resources, Office of Mines and Minerals* (Benton, IL), e diálogos com reguladores e fiscais de atividades minerárias deste Departamento.

Em seguida, utilizando-se o método *Policy Delphi* (derivação do *Delphi* tradicional), as lições foram submetidas à avaliação de experts e/ou por profissionais atuantes no setor de mineração de carvão, em Illinois, que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na implantação do *Surface Mining Control and Reclamation Act* (SMCRA), lei federal aprovada em 1977.

Foram redigidas doze lições que integraram um questionário semiestruturado, apresentando os seus enunciados, seguidos de justificativas (elaboradas a partir de revisão da literatura e de diálogos com reguladores e fiscais de atividades minerárias) e de perguntas sobre a validade e relevância dessas lições para vários grupos de interesses do estado americano e, também, para países mineradores de carvão, como o Brasil. Essas lições relacionavam-se aos seguintes assuntos: a) segurança de lavra subterrânea; b) vantagens econômicas da lavra subterrânea com elevadas taxas de extração; c) prevenção de subsidência; d) compatibilidade de subsidência planejada com outros usos e ocupações do solo; e) adequação e efetividade das regulamentações sobre subsidência; f) comunicação como elemento-chave para o sucesso da implantação da regulamentação de subsidência; g) disseminação de informação sobre subsidência à população; h) acordos em situações conflituosas envolvendo danos de subsidência; i) acordos para redução de conflitos de cunho regulatório; j) intervenção das autoridades regulatórias para assegurar a mitigação dos impactos de subsidência; e k) papel de grupos ambientalistas na implantação da regulamentação de subsidência.

No primeiro turno, foi enviado um único tipo de questionário para duzentos e catorze potenciais participantes e foram obtidas oitenta e sete respostas. Além de responderem quatro questões (duas sobre validade e duas sobre relevância) para cada lição, a maioria dos respondentes fez comentários e sugestões para o aperfeiçoamento dos seus enunciados.

A partir desses comentários, os enunciados de cada lição foram parcial ou totalmente reformulados; três outras lições puderam ser formuladas, totalizando então quinze lições a serem avaliadas pelos participantes, no segundo turno. Os assuntos destas três novas lições relacionavam-se a: a) vantagens ambientais de subsidência planejada; b) redução da taxa de extração para minimizar ou evitar danos de subsidência; e c) restauração da produtividade do solo em áreas afetadas por subsidência.

Este segundo questionário foi enviado para os oitenta e sete respondentes do primeiro turno para revisão e manifestação, obtendo-se, cinquenta e uma respostas.

Com base nessa nova rodada de avaliação das quinze lições, optou-se pela aceitação de todas as sugestões.

Dessas quinze lições com ajustes em seus enunciados, somente três foram selecionadas, aquelas com validade e relevância para o Brasil, para serem confirmadas e atualizadas junto aos especialistas em mineração de carvão nacionais, a saber: 1) Cadastro e mapeamento das áreas mineradas no passado com vistas a delimitar áreas de risco de subsidência; 2) Disseminação de informações sobre subsidência e responsabilidades envolvidas como forma de evitar impactos indesejáveis e conflitos socioambientais relacionados; 3) Instituição de um seguro de subsidência em áreas de risco de ocorrência deste fenômeno.

Confirmação da importância das lições apreendidas para a bacia carbonífera catarinense

A verificação da importância das lições deu-se em dois períodos, em 1995 e 2013, com a finalidade de identificar e analisar, além da validade das lições norte-americanas no território nacional, uma eventual evolução da abordagem desses conflitos nesse período.

Em 1995, foram enviados questionários com perguntas abertas para seis profissionais brasileiros especialistas em mineração de carvão, respectivamente, Almeida (1995), Coulon (1995), Menezes (1995), Ramos (1995), Sánchez (1995) e Valiati (1995).

O questionário, que foi aplicado aos especialistas brasileiros, referia-se às três perguntas sobre as três lições definidas, previamente, como relevantes para o caso brasileiro:

- 1) Você acha que esta lição é (poderá ser) importante para Santa Catarina? Comente sua resposta.
- 2) Com base na sua experiência prática e/ou conhecimento da mineração de carvão e seus impactos no sul do Brasil, como você reformularia esta lição para que seja adequada à mitigação dos problemas de subsistência de Santa Catarina? Comente.
- 3) Você acha que o estudo que está sendo conduzido em Illinois poderá ser útil para o futuro delineamento de leis, regulamentações e normas técnicas sobre subsistência de minas no Brasil? Comente sua resposta.

Em 2013, após atualização da revisão da literatura sobre conflitos decorrentes de subsistência de minas de carvão no Sul do Brasil, verificou-se que somente dois participantes da pesquisa de 1995 continuavam atuando nesta área. Assim, foram realizadas entrevistas presenciais com esses dois especialistas em carvão (MENEZES, 2013; VALIATI, 2013). Essas entrevistas envolveram os temas impactos e conflitos socioambientais relacionados à subsistência e propiciaram a confirmação e atualização das três lições para Santa Catarina.

### **Mineração subterrânea de carvão em Santa Catarina e Illinois: entendendo os processos de subsistência**

As jazidas de carvão em Santa Catarina são conhecidas desde 1827, sendo mineradas por companhias inglesas (WHITE, 2008). O novo ciclo do carvão em Santa Catarina teve início, em 1913, com a exploração das primeiras jazidas do minério em Criciúma, gerando desenvolvimento econômico e empregos e atraindo investimentos, tendo seu auge entre as décadas de 1940 a 1970 (VOLPATO, 1982). Atualmente, Criciúma é conhecida como “a capital carbonífera do país” (Figura 1).

Com relação às características da jazida mineral, a profundidade média das camadas de carvão na região de Criciúma situa-se entre trinta e cinco e quarenta e cinco metros, porém subafloram ou afloram (um e dez metros) em várias localidades, por esta razão o método de lavra a céu aberto sempre predominou em relação à lavra subterrânea (COULON, 1990).

Assim, diferentemente do que ocorre em países com tradição em mineração de carvão, as minas subterrâneas no Brasil são no geral de pequena a média profundidade. O método de lavra utilizado é o de câmara e pilar (Figura 2), com cavas do tipo manual, semimecanizada e mecanizada. Segundo Coulon (1990), este método consiste em abrir galerias de acesso e subterrâneas que delimitam as zonas onde o carvão é extraído.

**Figura 1:** Figura esquemática (sem escala) de parte da bacia carbonífera de Santa Catarina, com destaque a Criciúma



Fonte: Centro Acadêmico de Letras da Universidade do Extremo Sul Catarinense (2013).

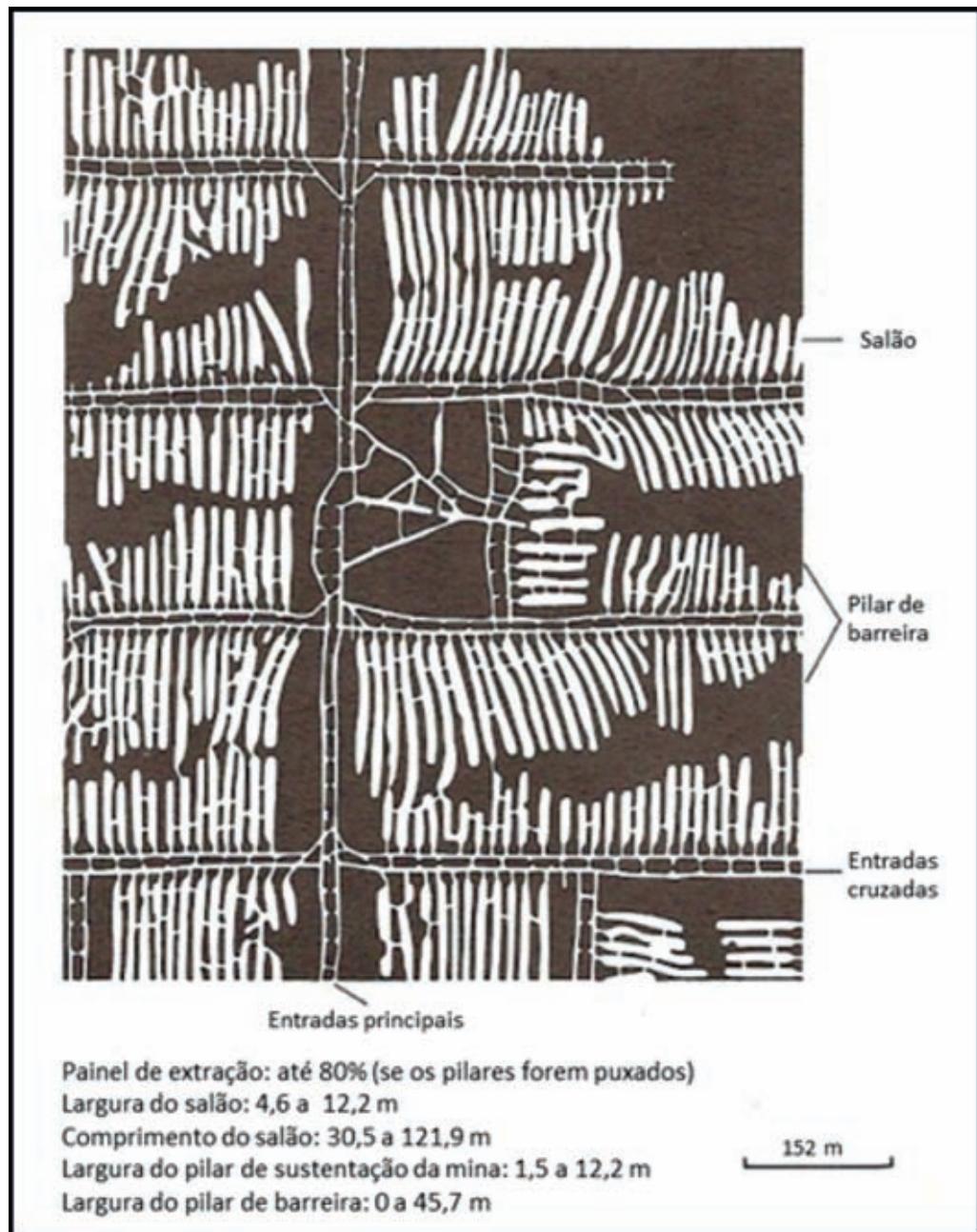
A lavra em câmara e pilar é feita em dois tempos. No primeiro avança-se deixando os pilares para sustentar o teto do salão. Quando se chega ao fim do painel, começa-se a retroceder retomando o material dos pilares (CHAVES, 2013).

Durante o processo de exploração mineral do carvão pode ocorrer subsidênciа. Entende-se por subsidênciа a “[...] deformação ou deslocamento de direção essencialmente vertical descendente, manifestando-se por afundamento do terreno” (INFANTI JUNIOR; FORNASARI FILHO, 1998). Após o término da mineração, podem ser deflagrados novos processos de subsidênciа (afundamento lento) ou colapso (evento rápido), é uma modalidade de subsidênciа em que a movimentação do terreno é brusca, segundo INFANTI JUNIOR; FORNASARI FILHO, 1998), pela exploração mineral pretérita, que podem afetar os novos usos de solo sobrejacentes ou lideiros à mineração.

Quando a lavra é feita pelo método de câmara e pilar, esse fenômeno pode ser motivado pelo desabamento do teto dos salões ou das galerias de acesso, ou pelo desmoronamento dos pilares, que se configuram na parte não minerada que sustenta as aberturas das câmaras.

De acordo com Zingano; Koppe; Costa (2004), os colapsos podem ser classificados ainda como violentos e não violentos, em função do número de pilares e da velocidade que o fenômeno atinge. Nos últimos anos anteriores a 2002, quatro grandes colapsos foram responsáveis pela ruptura de centenas de pilares (cerca de setecentos) em Criciúma, destacando-se um colapso violento que afetou cem pilares em apenas três horas (ZINGANO; KOPPE; COSTA, 2004). Os problemas no dimensionamento dos pilares são

Figura 2: Método de lavra em câmara e pilar tradicional mostrando layout irregular típico de minas antigas de carvão



Fonte: modificado de Bauer *et al.* (1995).

responsáveis pela grande maioria dos colapsos nas minas carboníferas de Criciúma, mas há outras causas associadas como, por exemplo, as características geológicas do jazimento mineral, como destacado por Zingano; Koppe; Costa (2004).

Na década de 1970, o DNPM, autorizou as empresas carboníferas a efetuarem a remoção parcial dos pilares (após a conclusão da lavra nos painéis) visando aumentar a produtividade das minas subterrâneas (SCOTTO, 2011). Esta conduta teve um efeito direto no aumento da incidência dos casos de subsidência, principalmente, pela ampliação das áreas afetadas por colapso, contribuindo para comprometer a estabilidade das edificações adjacentes e causar a perda de solo cultivável nas áreas rurais (BRUM VAZ, 2003). Como consequência, Valiati (2013; 1995) também destacou o rebaixamento do nível freático e a redução da vazão ou o desaparecimento de águas superficiais, bem como danos em obras civis. Esses efeitos resultaram em um número crescente de conflitos entre superficiários e mineradores, envolvendo ações civis públicas, culminando com a suspensão da medida autorizada pelo DNPM, pelo governo Collor em 1990. Segundo Almeida (1995), com a proibição da retirada dos pilares, o número de litígios diminuiu significativamente. Entretanto, também em situações nas quais não houve a remoção dos pilares, o apodrecimento de escoramentos de madeira nas galerias de acesso contribuiu para que os fenômenos de subsidência, incluindo colapso, ocorressem.

Segundo Milioli (1993), a subsidência das minas de carvão ocorre no perímetro urbano e arredores de Criciúma afetando residências e lavouras. A população mais atingida é a dos bairros periféricos, que geralmente é pouco informada e mais vulnerável a injustiças nas negociações quando são registrados danos nas edificações.

Cabe destacar ainda que, a partir da década de 1980, as exigências legais para a exploração de bens minerais no país se acentuaram, fruto da implantação da legislação ambiental no país, materializada pela Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA - Lei Federal nº 6.938/81 (BRASIL, 1981b).

O estado de Illinois possui reservas de carvão abundantes e de boa qualidade, sendo o primeiro em reservas e o nono em produção no país segundo o *Illinois Department of Mines and Minerals* (1990). No século XX intensificou-se a ocupação do Meio Oeste americano, e consequentemente o aumento das lavras subterrâneas de carvão, mais importante fonte de energia naquela época. A partir do aumento da exploração subterrânea utilizando apenas os conhecimentos sobre técnicas de mineração até então disponíveis, aumentaram os casos de subsidência, e surgiram as primeiras disputas judiciais entre mineradores e superficiários. Em Illinois, o método de lavra em câmara e pilar foi introduzido por volta de 1910 (HUNT, 1978). O maior número de subsidência ocorre sobre minas antigas (lavradas até 1930), pois nesses casos, entre 40% a 80% do carvão foi extraído.

### **Arcabouço legal aplicável à exploração de carvão em Santa Catarina e Illinois: do direito minerário, da propriedade do solo e das responsabilidades**

Para entender como se estabelecem os conflitos socioambientais associados à exploração do carvão nessas duas localidades, é importante ressaltar o entendimento do conceito de solo e algumas peculiaridades do direito minerário, quanto à posse e deveres.

Quanto ao direito minerário, nos estados mineiros americanos o requerente (empresa mineradora ou particular) requer a área que contém minério, via preenchimento e submissão do *mining permit* às autoridades competentes. No Brasil, o direito minerário é regido pela prioridade cronológica de requerimento ao DNPM, obedecidos os critérios estabelecidos no Código de Mineração e legislação correlata (BRASIL, 1981a). A consolidação do direito minerário, no caso do carvão, se dá pela outorga de Portaria de Concessão de Lavra e sua efetivação, desde 1981, depende de licenciamento ambiental.

Quanto à propriedade do solo, conforme o Código de Mineração (BRASIL, 1981a), os minérios para efeito de aproveitamento (extração e utilização) são considerados recursos do subsolo, mesmo em situações em que solo e subsolo possam se confundir fisicamente. Este é o caso, por exemplo, das areias, cascalhos e argilas, que geralmente ocorrem superficialmente, mas que para efeito de aproveitamento econômico, do ponto de vista legal, são considerados como recursos do subsolo. Em Illinois, dado que o estado tem uma forte tradição agrícola, os detentores dos direitos de superfície são geralmente proprietários de pequenas glebas onde constroem suas residências. De acordo com McMarti; Whetzel; Myers (1981), nos EUA, os proprietários dos direitos do solo não necessariamente detêm a posse dos direitos dos minérios (incluindo carvão) existentes no subsolo. Em algumas áreas pode haver várias camadas, cada uma com um proprietário diferente. Os direitos minerários podem ser adquiridos ou vendidos separadamente dos de superfície e transações desta natureza, têm sido comuns ao longo da história americana. Cabe pontuar que no Brasil, o requerente também não precisa ser proprietário do solo, mas este deve concordar com a exploração mineral no subsolo de sua propriedade. Tal lógica insere-se na propriedade do subsolo por parte da União que concede, então, ao requerente autorização para explorar o bem mineral.

Essa separação entre os direitos do solo e do subsolo é relevante pelas implicações relacionadas aos processos de subsidência e para a definição de responsabilidades. De acordo com a lei *Illinois Case Law*, o minerador de carvão é responsável pelos danos causados no solo e nas estruturas assentadas sobre a superfície. Esse caso fundamentou o estabelecimento da *liability rule* (responsabilidade legal) que hoje se constitui na essência das regulamentações de subsidência. Este termo de responsabilidade diz que: “o detentor dos direitos minerários compromete-se perante o dono ou ocupante do solo a deixar uma quantidade de minério intacta (sem ser minerada) a fim de proteger o estado natural da superfície do solo” (RUIZ, 1996).

No âmbito do Código de Mineração (BRASIL, 1981a) e da legislação ambiental brasileira (desdobramentos ou a própria Política Nacional de Meio Ambiente. PNMA, – Lei nº 6.938/81), quando uma empresa é a titular dos direitos minerários de uma área, ela é responsável por todos os danos causados direta ou indiretamente pela mineração (lavra, beneficiamento e transporte de minérios) a terceiros, incluindo-se os superficiários situados em áreas de lavra. Em qualquer situação, os danos causados são responsabilidade do causador, mesmo que a responsabilização tenha que ser feita através de processo judicial (VALIATI, 2013). Esta “regra” também é válida quando uma empresa adquire os direitos minerários de outra que detém algum passivo ambiental (“comprou o ativo levou o passivo”). Esta responsabilidade também se estende às externalidades ambientais

(impactos ambientais, conflitos socioambientais) que poderão advir de atividades de extração por qualquer outra empresa de mineração que atuar na área, em comum acordo com a primeira. Enquanto a empresa detentora dos direitos minerários ainda existir, do ponto de vista legal, poderá ser responsabilizada e penalizada pelos órgãos competentes por danos decorrentes de subsidência que afetam terrenos, casas e equipamentos urbanos em bairros situados sobre a mina.

## **Conflitos socioambientais resultantes de subsidência em áreas de carvão mineradas**

Segundo Scotto (2011), ao longo dos últimos anos foram registrados diversos conflitos sociais envolvendo a mineração. Em relação às minas subterrâneas de carvão, conforme Margulis (1985), os principais conflitos estão relacionados aos impactos de subsidência de minas antigas, bem como à poluição gerada dentro das próprias minas (de ordem trabalhista).

Apresentam-se, na sequência, as principais situações de conflitos envolvendo a mineração e outros usos e ocupações do solo em áreas de mineração de carvão de Santa Catarina e de Illinois:

### *Mineração versus Urbanização*

De modo geral, os embates envolvendo diferentes usos e ocupações do solo se manifestam de forma mais severa na periferia das grandes cidades onde existe uma quantidade considerável de loteamentos irregulares e as classes menos favorecidas da população moram em autoconstruções e em conjuntos habitacionais com infraestrutura precária.

Vários casos de subsidência decorrentes da expansão de loteamentos e construções sobre minas antigas ocorreram em bairros de Criciúma e Lauro Muller nos últimos anos e com isso o potencial de conflitos socioambientais. Em Criciúma, os bairros de Pio Correa, Santa Catarina, Maria Céu e São Cristovão foram os mais afetados (VALIATI, 1995). A construção de edificações e arruamentos sobre as áreas mineradas subterraneamente em tempos pretéritos resulta em aumento da sobrecarga em superfície e, dependendo da situação dos tetos dos salões e da competência das rochas situadas acima e abaixo da camada minerada, dentre outros fatores, podem desencadear colapsos em determinados locais.

Um dos casos mais sérios, registrado por Coulon (1990), resultou na danificação de onze casas de alvenaria de um total de quatrocentos e vinte, do conjunto Criciúma III da Cooperativa Habitacional (COHAB), construído sobre uma mina subterrânea lavrada pelo método de câmara e pilar. Esse autor menciona o desabamento do teto de um salão de extração de carvão que resultou em uma subsidência de forma circular, com sessenta metros de diâmetro e um metro e meio de abatimento no centro. Após a ocorrência da subsidência em fevereiro de 1983, as investigações revelaram que não existiam registros do *layout* da mina ou informações sobre o *recuo* (posterior remoção) dos pilares no DNPM, conforme descrito por Scotto (2011). Segundo Ramos (1995), sendo a concessão de lavra

um manifesto de mina dos anos 1930 e o conjunto habitacional construído na década de 1980, levanta-se a questão: *como conciliar interesses?*

Cabe destacar que em 1980 ainda não havia exigência legal para avaliação de impactos ambientais de empreendimentos, no caso o loteamento, mas também os minerários e outra enorme gama de obras de engenharia, que foi previsto na PNMA (Lei nº 6.938/81) com vínculo com o licenciamento ambiental pelo Decreto nº 88.351/83 (substituído pelo Decreto nº 99.274/90) e o estabelecimento da operacionalização do instrumento com a Resolução Conama nº 001/86.

A construção do conjunto residencial da COHAB sobre a área minerada é um exemplo típico da ausência de planejamento que precede a ocupação urbana, prévia à PNMA. Agrega-se ainda a falta de legislação específica acerca do planejamento da ocupação de áreas mineradas sujeitas aos efeitos de subsidência. Mesmo considerando a inexistência de arcabouço legal específico, esses efeitos poderiam ser minimizados se o órgão responsável obedecesse aos preceitos definidos no artigo 3º da Lei Lehmann, Lei nº 6.766, de 19/11/1979 (alterada pela Lei nº 9.785, de 29/01/1999, sem modificação do artigo 3º) que disciplina os processos de parcelamento do solo exigindo a elaboração de quatro laudos geológicos para aprovação de loteamentos ou processos construtivos (BRASIL, 1979).

Casos de subsidência afetando propriedades e estruturas em superfície em Illinois têm sido descritos por vários autores (MEIER; GIBSON, 2002; TREWORGY; HINDMAN, 1991; DARMODY *et al.*, 1989; GUTHIER, 1986; GUTHIER; HINES; BAUER, 1985; DEMARIS; BAUER, 1983; HUNT, 1980; HUNT, 1978). Os danos materiais relatados envolvem sinistros em equipamentos urbanos diversos como escolas, rodovias, ruas, hospitais, aeroportos, parques, lagos, redes de esgoto, adutoras de abastecimento d'água e em redes de cabos elétricos.

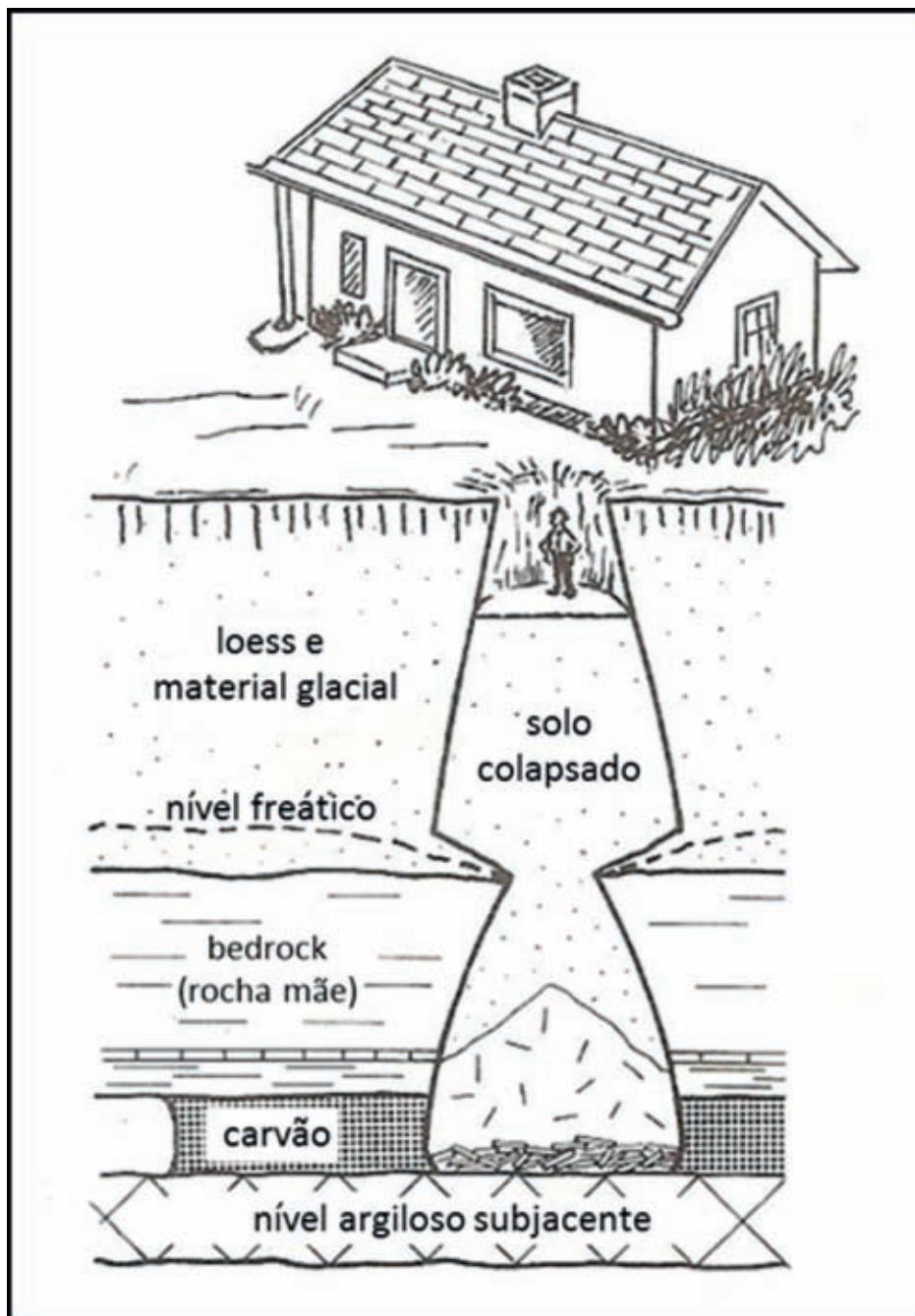
Os conflitos mais complexos envolvendo subsidência de minas em Illinois foram aqueles em que a lavra foi realizada em tempos pretéritos (que antecedeu a implantação do SMCRA) e a empresa de mineração fechou as portas ou os seus direitos minerários foram transferidos para uma ou mais empresas. Em situações em que houve transferência dos direitos minerários de uma mineradora para outra, via de regra, os litígios se arrastaram por anos até que haja uma decisão judicial para os casos.

### *Mineração versus Áreas Rurais*

No estado de Santa Catarina há poucas menções sobre subsidência de minas antigas de carvão afetando áreas rurais, muito provavelmente em função de seus efeitos localizados o que, geralmente, dificulta a associação desses afundamentos, na maioria de pequena monta e irregulares.

Quanto às dimensões do fenômeno, dois tipos de subsidência podem ser distinguidos que são denominados em inglês de *pit* e *sag*. Segundo Bauer (2006), o tipo *pit* (Figura 3) tem dimensões que variam entre 1,8 a 2,5 m de profundidade e 0,5 a 12 m de diâmetro. Aparentemente este é o tipo dominante nas áreas rurais catarinenses.

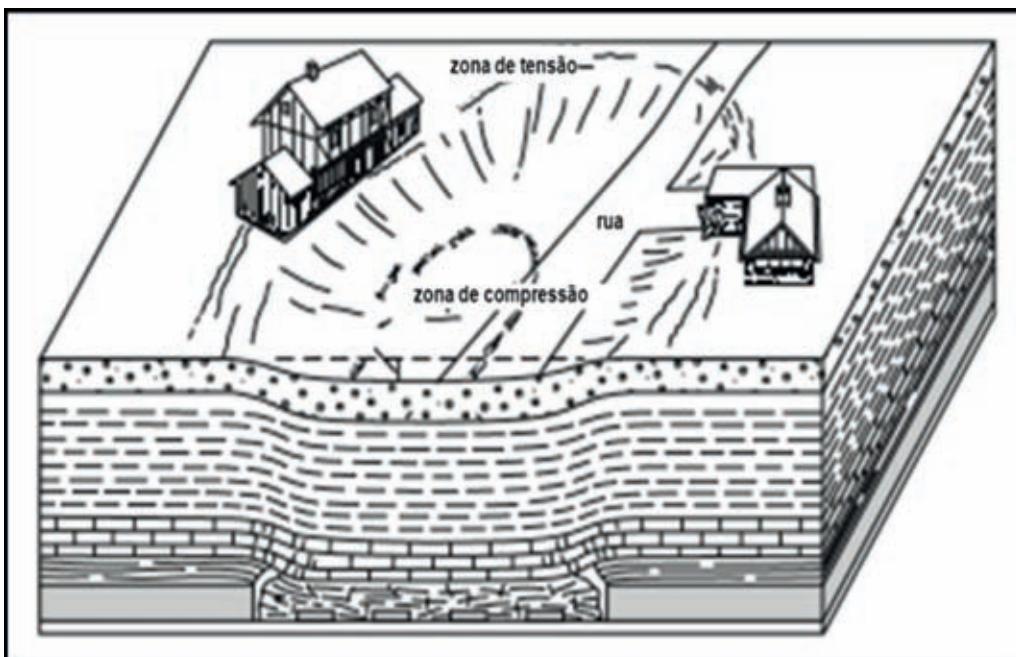
Figura 3: Representação em perfil de um evento de subsidência do tipo *pit* mostrando o efeito em superfície do colapso das camadas de rochas sobrejacentes à camada minerada de carvão



Fonte: Adaptado de Bauer; Trent; Dumontelle (1993).

O tipo *sag* (Figura 4) forma uma depressão suave sobre uma grande área, às vezes do tamanho de uma câmara, podendo atingir entre dezenas e centenas de metros de largura e de comprimento. Geralmente se formam sobre áreas mineradas em que os pilares se desintegraram ao longo de anos ou décadas ou colapsaram rapidamente (BAUER, 2006). Coulon (1990) descreveu uma subsidência deste tipo ocorrida em 1988.

**Figura 4:** Bloco diagrama mostrando como se processa o fenômeno de subsidência do tipo *sag* a partir do desabamento das camadas acima da camada minerada de carvão e a repercussão de seus impactos em superfície



Fonte: Adaptado de Bauer; Trent; Dumontelle (1993)

Pesquisas relacionadas a impactos de subsidência de minas antigas em áreas agrícolas da região central de Illinois são discutidas por Guither; Hines; Bauer (1985). Estes autores foram responsáveis pela realização de um inventário das áreas mineradas avaliando a extensão das subsidências acima das minas subterrâneas e os efeitos econômicos para os proprietários de terras, e apontando alternativas políticas para lidar com o problema. Não são encontradas referências sobre inventário similar na região carbonífera no Sul do Brasil (VALIATI, 2013). No entanto, Ramos (1995) menciona que alguns agricultores da região carbonífera catarinense efetuaram inventários agrícolas antes das frentes de lavras atingirem suas propriedades, uma vez que as indenizações por danos em superfície anteriormente a 1990 (quando a remoção dos pilares era permitida) baseavam-se em laudos técnicos elaborados pelo DNPM.

Almeida (1995) menciona que nas áreas rurais comprometidas por esses afundamentos, a umidade do solo diminui motivando os agricultores a alegarem perda de produtividade. Menezes (2013) comenta sobre a participação como perito em uma ação civil pública movida por nove famílias no município de Urussanga, na qual conseguiu provar a responsabilidade da empresa mineradora pela extinção de nascentes e danos em propriedades.

## Encaminhamento das soluções dos conflitos

A antecipação e a mediação de conflitos socioambientais aplicadas como instrumento de gestão preventiva de impactos, danos e passivos ambientais é enfatizada por Westman (1985). Este autor destaca como abordagens possíveis para a resolução de conflitos: (i) acordo entre as partes; (ii) formulação e implementação de políticas públicas (por exemplo, zoneamento minerário, planos diretores, dentre outros); e (iii) decisão judicial (arbitragem).

No Brasil, a PNMA (Lei nº 6.938/81), dentre uma série de determinações, previu a responsabilização e recuperação dos danos pelo responsável pela iniciativa, bastando provar o nexo causal (responsabilidade objetiva). Assim, com a introdução desse marco legal ambiental brasileiro, as exigências para exploração de recursos naturais, incluindo mineração, no país incrementaram sensivelmente. A própria Constituição Federal de 1988, posterior à mesma, na ciência dos impactos, degradação e conflitos ambientais causados pela mineração, no parágrafo 2º do artigo 225 instituiu a obrigatoriedade de recuperação do ambiente degradado.

Segundo Sánchez (1995), a legislação existente que pode aplicar-se à subsidência é vaga e requer que a empresa de mineração recupere a área para algum outro uso produtivo, porém não especifica nenhum critério para a recuperação. Cabe ressaltar que a legislação brasileira prevê por meio do Decreto Federal nº 97.632/89 a recuperação de áreas degradadas pela mineração, cujo conteúdo é materializado no documento denominado Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD). O PRAD deve contemplar os impactos socioeconômicos decorrente do fechamento da mineração e a reabilitação futura da área minerada (SÁNCHEZ, 2011). Para novos empreendimentos, o PRAD deve ser apresentado conjuntamente com o Estudo de Impacto Ambiental (também previsto na PNMA) de uma mineração, ou seja, no planejamento da abertura de novas minas, bem como para minerações existentes desde a data de sua promulgação.

Não há nenhuma legislação específica sobre subsidência de minas no Brasil e obviamente, menos ainda, algum diploma legal que verse sobre a questão dos conflitos decorrentes. Ramos (1995) destaca a necessidade de regulamentação e normas técnicas sobre subsidência no país visando diminuir os conflitos entre superficiários e empresas mineradoras. Segundo este autor, a existência de legislação específica sobre o assunto, disciplinaria os direitos e os deveres de cada parte envolvida.

Entretanto, a subsidência no país se insere na categoria de dano ambiental, o que torna o seu agente causador passível de ação judicial, visando à recuperação de áreas degradadas. Os conflitos relacionados à subsidência de minas em Santa Catarina e em

Illinois, em sua maioria envolvem litígios e são resolvidos na esfera judicial. Isso ocorre quando não há consenso entre as partes sobre recuperação dos danos causados ou sobre o valor da indenização.

Segundo Braga Neto (2011), nos últimos anos, tem-se privilegiado no país condutas que primam pela busca de soluções negociadas de parte dos agentes públicos responsáveis pela fiscalização e preservação do meio ambiente. O Ministério Público Federal e Estadual, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente têm desempenhado importante papel, ao priorizarem o diálogo para as questões ambientais, baseado na cooperação. A meta é construir compromissos (por exemplo, os termos de ajustamentos de conduta) a serem efetivamente cumpridos, por estarem identificados os interesses reais dos diretamente envolvidos ou das partes interessadas, dentro dos limites impostos pela norma jurídica e adequados à prioridade de preservar o meio ambiente.

Nos estados mineiros americanos, o *Abandoned Mine Lands Reclamation Council* recebe recursos do governo federal provenientes de um fundo de recuperação de áreas mineradas. Este fundo é composto por US\$ 0.135 de cada tonelada de minério lavrada de minas subterrâneas e US\$ 0.315 de cada tonelada de minério lavrada de minas a céu aberto, e sua aplicação destina-se prioritariamente à proteção da saúde, segurança e bem estar das pessoas, bem como a proteção de propriedades de perigos adversos decorrentes de impactos de minas antigas, incluindo subsidência (U. S. CONGRESS, 2013; MEIER; GIBSON, 2004).

Em termos de encaminhamento das soluções de conflitos previsto por Westman (1985), observa-se em Santa Catarina que as abordagens utilizadas restringem-se a arbitragem e a alguns acordos entre as partes. Por sua vez, em Illinois, não obstante a adoção dessas práticas, observa-se uma nítida postura de intervenção do poder público, por meio de formulação de dispositivos legais que permitem a adoção de medidas paliativas (ou corretivas) para os que estão submetidos a esses conflitos, pelo esquema de contratação de seguro específico.

Importante ressaltar que mesmo em contexto da existência dos danos e dos conflitos socioambientais instalados, o uso de instrumentos de planejamento pelo poder público, poderia revestir-se de caráter preventivo a áreas ainda não submetidas a esses processos, embora sujeitas aos mesmos. O zoneamento mineral e o plano diretor municipal, contemplando essas condicionantes específicas do meio físico local, ilustram exemplos de postura proativa para redução desses conflitos por parte do governo.

## Análise e discussão

Os fatores que se situam na base dos conflitos socioambientais envolvendo minas subterrâneas de carvão têm relação com a separação da propriedade do solo e do subsolo para efeito de aproveitamento econômico. No caso de subsidência, há um agravante de ordem cronológica entre a execução da lavra e a ocorrência de subsidência, que pode ser de muitos anos. Desta forma, quando ocorre a subsidência, o quadro legal pode ser diferente da época da lavra, impondo situações de conflitos de ordem legal. Esta defasagem cronológica também pode ter implicações na responsabilização pelos danos causa-

dos em superfície. Se, por exemplo, as empresas de mineração responsáveis pelas lavras pretéritas ainda existirem ou mesmo se os direitos minerários (decretos de lavra) ainda estiverem em vigor (mesmo tendo sido transferidos para outras empresas), é possível atribuir responsabilidade pelos danos de subsidência e os conflitos podem ser resolvidos. Porém, se as empresas fecharam ou os direitos minerários caducaram, não há meios de se atribuir responsabilidade ao causador dos danos, cabendo em tese ao superficiário arcar com os custos. No entanto, segundo Valiati (2013), em Santa Catarina há uma ação civil pública em tramitação no governo federal, relacionada a danos ambientais decorrentes de mineração de carvão, causados por empresa que já fechou, na qual o governo federal está sendo responsabilizado judicialmente.

### **Resultados: lições apreendidas em Illinois relevantes para Santa Catarina**

Neste item são apresentados, na sequência, os enunciados e as justificativas das três lições apreendidas, confirmadas e reconfirmadas como importantes para a bacia carbonífera de Santa Catarina:

*O mapeamento e cadastro das antigas áreas mineradas para carvão são condições essenciais para o zoneamento das áreas de risco de subsidência*

Bauer (2006) destaca que em Illinois, em atendimento à legislação estadual, as empresas mineradoras precisam apresentar informações técnicas (relatórios e mapas) sobre a atividade minerária junto ao Inspetor de Minas do Estado (*the State Mine Inspector*), ao *Illinois Department of Natural Resources, Office of Mines and Minerals*, e ao Gabinete do Secretário do Município (*Office of the County Clerk*). Segundo esse autor, o repositório de mapas das antigas minas subterrâneas de carvão é o *Illinois State Geological Survey* que, a partir desse subsídio técnico, tem consolidado a delimitação espacial das áreas que foram mineradas, o autor estima a existência de apenas dois mil e seiscentos mapas para cerca de cinco mil e quinhentas minas subterrâneas do estado, ou seja, para mais da metade delas não existem mapas disponíveis.

As cópias originais dos mapas podem conter informações importantes das minas como localização e dimensão dos pilares e instalações de superfície. Esses mapas permitem identificar o tipo de lavra empregado e relacioná-lo com as estruturas existentes em superfície (BAUER, 2006).

Meier e Gibson (2004) destacam que o *Illinois Department of Natural Resources* continuamente produzem uma base de dados georreferenciada combinando os mapas das minas, em escala de detalhe, aos mapas de superfície para todo o estado de *Illinois*. Os autores informam que esses mapas são acompanhados por uma brochura que detalha o histórico das minas, com informações como: período de produção, mudanças da titularidade dos proprietários das minas e empresas que efetuaram as lavras, dentre outras. Essas informações são úteis para o poder público, empresas privadas e sociedade em geral, tanto para o planejamento do uso e ocupação do solo de áreas previamente mineradas como também para embasamento técnico no caso de sinistros decorrentes de subsidências. Esse

conjunto de informações precisa ser amplamente conhecido, de fácil acesso e entendimento, uma vez que a melhor forma de se prevenir esses problemas é evitar a implantação de infraestrutura assentada sobre áreas previamente mineradas que estejam comprometidas.

Menezes (2013) destaca que o conhecimento das condições de subsuperfície na bacia carbonífera catarinense é crucial e somente assim seria possível gerar informações a serem disponibilizadas ao público, imobiliárias, planejadores, legislativo e judiciário.

Assim, tendo como referência os procedimentos adotados em Illinois e resultados de outras pesquisas, pode-se dizer que um mapeamento dessa natureza na região carbonífera do Sul do Brasil poderia ser conduzido pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), na condição de Serviço Geológico Brasileiro. Esta instituição poderia elaborar mapas de risco de subsidência a partir dos mapas individuais das antigas minas e de informações sobre minas pretéritas e atuais com o apoio de potenciais parceiros como o DNPM, órgãos ambientais estaduais e municípios da região carbonífera.

Os mapas das minas subterrâneas, sempre que possível devem ser complementados com informações oriundas de investigação indireta por meio de levantamentos geofísicos (principalmente métodos elétricos e radar) indicados para caracterização de vazios em subsuperfície, de modo a elevar a qualidade das informações. Valiati (2013) ainda agrupa como informações relevantes a incorporar a profundidade das minas e consequentemente a cobertura de solo e dados de geologia estrutural (orientação espacial das camadas mineradas, fundamental à definição da estabilidade dos terrenos), também destacados por Zingano, Koppe e Costa (2004). Valiati (2013) ressalta que para situações específicas podem ser realizadas investigações diretas (sondagens) visando obter informações precisas sobre a localização e a profundidade de vazios subterrâneos.

Cabe ressaltar que a partir da década de 1980, por meio de um convênio entre Brasil e Alemanha, o DNPM começou a exigir das empresas mineradoras a apresentação de Projeto de Paralisação da Mina, contemplando a situação do subsolo, juntamente com plantas de contorno estrutural da jazida e de isocobertura das áreas com reservas exauridas. O DNPM tem um acervo de mapas em escala 1:20.000 que é atualizado, periodicamente, nos quais são cartografadas apenas as áreas que foram objeto de exploração de carvão mineral em Santa Catarina (VALIATI, 2013). Ainda segundo Valiati (2013), esses mapas não contêm dados de subsidência, no DNPM há apenas registros de subsidências que são protocolizados quando há denúncias por parte de superficiários afetados, enfim, até hoje, não foram realizados trabalhos sistemáticos de geologia ou de geofísica na bacia carbonífera catarinense, visando registrar e informar o risco das áreas com potencial de subsidência. Segundo Valiati (2013), uma iniciativa do Ministério Público Federal, que instruiu uma Ação Civil Pública de modo a promover ação indenizatória, culminou em um inventário de dados sobre danos decorrentes de subsidências de minas de carvão que pode ser considerado o registro mais completo das subsidências na região carbonífera catarinense.

O mapeamento das minas exauridas associado ao mapeamento do atual uso e ocupação do solo em superfície e subsuperfície (infraestrutura enterrada) propiciaria a consolidação de informações espaciais para consequente proposição de um zoneamento de risco para áreas mineradas, imprescindível para o ordenamento territorial de municípios contendo áreas com essas características. Baccin (2011) destaca a necessidade de um

cadastro das antigas minas de carvão em Criciúma e da criação de um instrumento legal, em nível municipal, que coíba a expansão urbana a áreas potenciais de ocorrência do fenômeno; ressalta ainda que o uso da perícia técnica pode instrumentalizar o processo judicial na tomada de decisão quanto à reparação dos danos causados a terceiros pela mineração.

*A disseminação de informações sobre subsidência de minas e as responsabilidades envolvidas contribuem para evitar impactos indesejáveis e conflitos socioambientais relacionados*

A revisão da literatura sobre temas referentes a essa lição em Illinois revelou a existência de uma razoável quantidade de material didático, geralmente brochuras e manuais, com informações em linguagem simples e ilustrações como fotos e representações esquemáticas sobre subsidência de minas de carvão afetando residências (MEIER; GIBSON, 2004; BAUER et al., 1995; BAUER; TRENT; DUMONTELLE, 1993; DUMONTELLE et al., 1981) e propriedades rurais e drenagens (BAUER, 2006; ILLINOIS DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 1993; ILLINOIS STATE GEOLOGICAL SURVEY, 1988).

Segundo Meier; Gibson (2004), os danos causados por subsidência tendem a ser súbitos e com consequências sérias aos superficiários, pelo fato de frequentemente resultarem em rupturas em dutos de abastecimento de água e gás, vias terrestres e edificações. Em função da gravidade desses danos, que podem colocar em risco a vida das pessoas, o SMCRA em várias situações de áreas ocupadas, os classifica como Problemas de Prioridade 1. Esses autores destacam ainda que, particularmente áreas já ocupadas ou em processo de expansão urbana ou rural, é importante que a divulgação de informações sobre impactos de subsidência aos moradores e para os agentes imobiliários, líderes comunitários e autoridades municipais seja massiva e efetiva, de modo a proteger o patrimônio existente. A disseminação dessas informações ocorre por meio de materiais didáticos que geralmente são produzidos e veiculados pelo *Illinois State Geological Survey*.

Quando um morador ou proprietário fundiário suspeita da ocorrência de subsidência em sua propriedade, ele é aconselhado a contatar o *Illinois Department of Natural Resources* que coordena um programa estadual sobre minas abandonadas (*Abandoned Mine land and Reclamation Program*). Segundo Bauer (2008), os problemas que têm sido comumente associados a subsidências referem-se a condições locais do solo, inclinação de pisos em função do tempo de uso, problemas estruturais em vigas de suporte de paredes e expansão de tijolos. Profissionais experientes vistoriam o local visando constatar a relação entre o problema detectado e a existência de minas antigas. Quando comprovam que há indícios de ameaças à vida das pessoas em função de subsidências de minas subterrâneas, esses profissionais encarregam-se de obter recursos junto ao governo federal para mitigar a situação de perigo (BAUER, 2006).

Meier; Gibson (2004) constatam, em Illinois, certa incongruência entre a quantidade de danos em superfície e a resposta do público em termos de conscientização em relação ao problema. Observa-se a hipótese de que a subsidência ocorre quase sempre de forma isolada afetando poucas pessoas, diferentemente dos desastres naturais (terremotos, enchentes e grandes tempestades) que afetam um grande número de pessoas em um curto

período de tempo e que despertam a consciência pública. Ademais, a subsidência não é um evento suficientemente cataclísmico a ponto de mobilizar a opinião pública na busca de uma solução política para o problema.

Ruiz (1996) menciona que alguns grupos ambientalistas tiveram um papel importante na disseminação de informações sobre os impactos de subsidência em Illinois, com destaque para o *Stewardship Alliance* (ex-*Illinois South Project, Inc.*), a despeito das críticas por parte dos técnicos do *Illinois Department of Natural Resources, Office of Mines and Minerals*, sobre a forma alarmista com que esta ONG se pronunciava junto à mídia.

Segundo Valiati (2013), a população da região carbonífera catarinense não é oficialmente informada pelas empresas ou autoridades competentes sobre as áreas que foram mineradas subterraneamente no passado. Ademais, não há registros confiáveis das condições do subsolo em antigas lavras subterrâneas e, consequentemente, a região não dispõe de mapas de zoneamento de risco para esse fenômeno em áreas rurais e urbanas.

Menezes (1995) destaca que a disseminação de informações sobre subsidência poderia ser uma das atribuições da instituição que cumpre o papel de Serviço Geológico no Brasil, uma vez que em Illinois esta atribuição é do *Illinois State Geological Survey*. Entretanto, considera-se que outros órgãos do setor mineral e de controle ambiental, bem como ONGs deveriam ser partícipes desse processo. Ramos (1995), por sua vez, enfatiza que a veiculação dessas informações poderia servir para o esclarecimento da opinião pública e a conciliação de interesses entre a comunidade afetada por subsidência e as empresas mineradoras. Segundo Valiati (2013), outra dificuldade para atribuição de responsabilidades na bacia carbonífera catarinense é a comprovação da relação entre os danos causados em elementos de superfície, principalmente em obras civis e o desaparecimento de corpos d'água, pela lavra de carvão no subsolo. Via de regra, as mineradoras exigem a comprovação desta relação como garantia, alegando que é comum o surgimento de danos em obras civis por vícios construtivos sem responsabilidade técnica, do mesmo modo também é recorrente a empresa se justificar com base nessa premissa. A solução dos conflitos é dificultada pelos custos que devem ser suportados pelos reclamantes, geralmente com capacidade financeira reduzida para comprovar por meio de laudo técnico a relação entre a mineração e o dano reclamado. Os superficiários que alegam terem sofrido danos em suas propriedades, em função da lavra de carvão, protocolizam denúncias no DNPM, cujos técnicos realizam vistoria na área objeto da denúncia, emitindo Relatório de Vistoria. Caso o relatório conclua que há relação entre os danos reclamados e a lavra de carvão no subsolo, o DNPM, que tem representação na região desde 1980, envia um ofício ao titular da área, exigindo que a empresa, em atendimento ao que estabelece o Código de Mineração, promova a recuperação do dano causado ou sua indenização (VALIATI, 2013). O denunciante caso não tenha os problemas reclamados solucionados pela empresa, pode utilizar este relatório para instruir uma ação indenizatória. Quando a subsidência causa danos a residências que ameaçam a segurança das pessoas, a empresa promove a transferência dos moradores, até solucionar o problema (VALIATI, 2013). A maioria dos documentos relativos à mineração de carvão está em posse do escritório do DNPM em Criciúma, e alguns mais antigos encontram-se na sede do DNPM em Florianópolis. O público tem acesso informal a esse conteúdo quando a lavra é projetada

sob suas propriedades, entretanto, a cópia de documentos só poderá ser fornecida com autorização do Chefe do Distrito se oficialmente solicitada ou por determinação judicial (VALIATI, 2013).

No que tange a organizações ambientalistas no Brasil, várias tiveram um papel importante na disseminação de informações e conscientização pública sobre os impactos adversos da mineração de carvão, incluindo a subsidência, segundo Santos (2008), destacando-se: a Associação de Proteção Ambiental de Criciúma (APACRI), a ONG Sócios da Natureza no município de Araranguá, a mobilização da Comunidade Rio Albino contra a implantação da mina subterrânea de Nova Beluino em Siderópolis, e a ONG Consciência Ecológica do Morro do Estevão e Albino (CEMEA).

*A instituição de um seguro de subsidência em áreas de risco de ocorrência deste fenômeno garante que os danos a residências sejam reparados*

O seguro de subsidência de Illinois, instituído pela Lei Estadual, em 1979, como forma de aceitação do risco por eventuais danos ambientais que possam resultar de subsidência de minas, tem sido discutido por vários autores (BAUER, 2008; BAUER, 2006; MEIER; GIBSON, 2004; BAUER *et al.*, 1995; GRAY, 1990; DUMONTELLE *et al.*, 1981). O *Illinois Mining Subsidence Insurance Fund* é um programa destinado a proteger propriedades localizadas em áreas sujeitas a subsidências de minas de carvão abandonadas e ativas. Este fundo é particularmente importante para as residências assentadas sobre, ou em locais próximos, a minas que foram lavradas anteriormente a 1997 (ano em que o SMCRA foi aprovado), pois essas mineradoras podem não existir, impedindo que a responsabilidade dos danos seja atribuída aos agentes causadores (BAUER, 2008). O limite máximo estipulado para cobertura de danos de subsidência é o mesmo que os fornecidos pelas seguradoras para perdas decorrentes de incêndio ou vendaval. No entanto, existe um montante máximo de resseguro para as seguradoras disponíveis através do Fundo, desde 01 de julho de 2011, para estruturas residenciais e comerciais estipulado em US\$ 750 mil. Para unidades residenciais a quantidade máxima de resseguro é de US\$ 15 mil (ILLINOIS MINE SUBSIDENCE INSURANCE FUND, 2013).

Segundo Bauer (2008), o *Mine Subsidence Insurance Act*, de 1979, criou o seguro de subsidência para o Estado de Illinois como parte da política do proprietário residencial. Nos municípios (*counties*) em que 1% ou mais das residências situam-se em áreas mineradas subterraneamente no passado, o seguro de subsidência é automaticamente adicionado nas apólices. Os proprietários que recusam esta cobertura são convidados a assinar um termo de responsabilidade (BAUER, 2006). O residente quando suspeita de danos causados por esse fenômeno em sua propriedade pode contatar imediatamente o seu agente, que se encarregará de vistoriar a propriedade. Segundo Valiati (2013), por solicitação do Ministério Público Federal (MPF), as empresas carboníferas tentaram fazer seguro contra este tipo de ocorrência, porém, não lograram encontrar no Brasil uma seguradora para este tipo de sinistro. Na visão deste especialista, a implantação de um seguro de subsidência em Santa Catarina similar ao de Illinois seria interessante, pois propiciaria uma melhora nas relações entre as empresas mineradoras e os superficiários situados so-

bre ou próximos às suas áreas de lavra e na diminuição no número de processos judiciais relacionados à subsidência. No entanto, são ainda frequentes as dificuldades enfrentadas na região carbonífera catarinense, relacionadas à comprovação entre danos em superfície e a lavra de carvão e à valoração desses danos (VALIATI, 2013).

## Considerações finais

As lições apreendidas mais importantes para Santa Catarina referem-se à necessidade de estabelecer o conhecimento detalhado das áreas mineradas da região carbonífera, com vistas a veicular, amplamente, informações a todas as partes interessadas sobre os riscos de subsidência e estabelecer um mecanismo de fornecimento de seguro à população. Essas lições são resultantes da confluência de opiniões de diversos especialistas que estudam o fenômeno nesse contexto do Brasil e dos EUA. Em Illinois todas essas lições estão internalizadas na rotina dos habitantes, empresas, organizações, instituições e agentes públicos de uma região carbonífera que foi objeto de exploração mineral subterrânea. Entretanto, no país, em Santa Catarina, ao menos tentativas dessas ações empreendidas no estado americano são verificadas, todas, invariável e infelizmente, sem a eficácia que seria esperada e necessária para a abordagem de um problema de risco à segurança humana, seja pelo poder público ou pelas empresas do setor.

De fato, a análise das lições apreendidas do caso de Illinois não traz nenhuma inovação que poderia ser aplicada ao caso da bacia carbonífera de Santa Catarina. O que é praticado por lá não deixou, de alguma maneira, de ser aventado por aqui. Essa percepção se reflete tanto pela análise dos trabalhos técnicos da literatura, quanto pelas entrevistas com os especialistas nacionais. Assim, para que essas lições saiam do campo das intenções e discussões acadêmicas no país, ações coordenadas devem partir do poder público. Como o fenômeno da subsidência afeta de modo isolado e esporádico um conjunto específico de moradores, a atenção da mídia e do governo para esse problema tende a ser muito mais restrita do que a dedicada a riscos associados a outros fenômenos naturais ou induzidos, como escorregamentos e enchentes. Essa pesquisa demonstra que, pelo intervalo de dezoito anos entre rodadas de entrevistas com especialistas, o assunto permanece atual, pertinente e muito pouco foi realizado para reduzir de fato os conflitos oriundos de subsidência de minas de carvão na região de Santa Catarina.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, D. M. Investigação sobre a “validade” para os estados brasileiros produtores de carvão de algumas “lições apreendidas” com a implementação da legislação sobre subsidência planejada de minas de carvão em Illinois, EUA. In: RAMOS, B. W. Ofício n. 019/95 de 2 maio de 1995. Brasília: DNPM, 1995.

BACCIN, F. K. *As atividades de produção de carvão e suas subsequências ambientais com relação aos eventuais processos de subsidência.* 2011. 63 f. Monografia

(Especialização em Auditoria Perícia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

BAUER, R. A. **Mine subsidence in Illinois**: facts for homeowner. Champaign: Illinois State Geological Survey, 2006. 20p. (Circular 596).

BAUER, R. A. **Planned coal mine subsidence in Illinois**: a public information booklet. Champaign: Illinois State Geological Survey, 2008. 18p. (Circular 573).

BAUER, R. A. et al. **Planned coal mine subsidence in Illinois**: a public information booklet. Champaign: Illinois State Geological Survey, 1995. 32p.

BAUER, R. A.; TRENT, B. A.; DUMONTELLE, P. B. **Mine subsidence in Illinois**: Facts for homeowner. Champaign Illinois State Geological Survey, 1993. (Environmental Geology 144).

BRAGA NETO, A. **A mediação de conflitos no contexto empresarial**. Rio Grande: Âmbito Jurídico, 2011. Disponível em: <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=8627](http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=8627)>. Acesso em: 27 jun. 2011.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constitui%C3%A7aoA7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7aoA7ao.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2013.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Código de Mineração e Legislação Correlativa**. Ed. rev. Brasília: Divisão de Fomento da produção Mineral, 1981a.

BRASIL. Lei nº 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02 set. 1981b.

BRASIL. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 dez. 1979.

BRUM VAZ, P. A. Reparação do dano ambiental – caso concreto: mineração em Santa Catarina e o meio ambiente. **Seminário de Direito Ambiental**, Centro de Estudos Judiciários - CEJ, v. 5, n. 22, p. 41-48, 2003.

CARVALHO, I.; SCOTTO, G. (Org.). **Conflitos sócio-ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Ibase, 1995.

CENTRO ACADÊMICO DE LETRAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Mapa de localização**. Disponível em: <[http://ecael2011.blogspot.com.br/2011\\_07\\_01\\_archive.html](http://ecael2011.blogspot.com.br/2011_07_01_archive.html)>. Acesso em: 21 dez. 2013.

CHAVES, A. P. **Consulta sobre subsidência de minas de carvão em Santa Catarina**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 25 fev. 2013. (Comunicação pessoal).

COULON, F. K. Fenômeno de subsidência: acidente em Criciúma – SC. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo 1990. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1990. p. 173-180.

- COULON, F. K. *Investigação sobre a “validade” para os estados brasileiros produtores de carvão de algumas “lições apreendidas” com a implementação da legislação sobre subsdiência planejada de minas de carvão em Illinois, EUA*. Porto Alegre: [s.n.], 1995.
- DARMODY, R. G. et al. Agricultural impacts of coal mine subsidence: effects on the corn yields. *Journal of Environmental Quality*, Urbana, v. 3, n. 18, p. 265-267, 1989.
- DEMARIS J. P.; BAUER, R. A. *Identification of mining subsidence on aerial photographs in Central Illinois*. Champaign: Illinois State Geological Survey, 1983. 69p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. *Anuário Mineral Brasileiro*. Brasília: DNPM, 2010.
- DUMONTELLE, P. B. et al. *Mine subsidence in Illinois: facts for the homeowner considering insurance*. Champaign: Illinois State Geological Survey, 1981.
- DZIEGIELEWSKI, B.; GARBHARRAN, H. P.; LANGOWSKI JUNIOR, J. F. *The Great California Drought of 1987 - 1992: Lessons learned for water management*. Carbondale, IL: Planning and Management Consultants Ltd., 1993. 207p.
- GRAY, R. E. Subsidence over abandoned coal mines. In: MIDWESTERN REGION RECLAMATION CONFERENCE, 1, 1990, Carbondale. *Proceedings...* Carbondale: Southern Illinois University, 1990. p. 141-149.
- GUIATHER, H. D. The mine subsidence threat to soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 41, n. 1, p. 21-23, Jan./Feb. 1986.
- GUIATHER, H. D.; HINES, J.; BAUER, R. *The economic effect of underground mining upon land used for Illinois agriculture*. Springfield: Illinois Department of Energy and Natural Resources, 1985. 93 p.
- HASENACK, H.; RODRIGUEZ, M. T. R.; WEBER, E. *Carvão e meio ambiente: o SIG como catalisador em projeto interdisciplinar e interinstitucional*. Porto Alegre: Centro de Ecologia / UFRGS, 2001. 3p.
- HUNT, S. R. *Surface subsidence due to coal mining in Illinois*. 1980. 129 f. PhD (Dissertation) - University of Illinois at Urbana, Champaign, 1980.
- HUNT, S. R. *Characterization of subsidence profiles over room-and-pillar coal mines in Illinois*. Champaign: Illinois State Geological Survey 1978. 18p. (Reprint 1979F)
- ILLINOIS DEPARTMENT OF MINES AND MINERALS. *Annual Report*: Springfield: IDMM, 1990. 32 p.
- ILLINOIS DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. Office of Mines and Minerals. *Citizen's guide to coal mining and reclamation in Illinois*. Springfield: IDNR, 1993. 31p.
- ILLINOIS MINE SUBSIDENCE INSURANCE FUND. *Is there a maximum limit for mine subsidence coverage?* Chicago, IL. Disponível em <<https://www.imsif.com/maximumLimits>>. Acesso em: 27 fev. 2013.
- ILLINOIS STATE GEOLOGICAL SURVEY. *Crops and coal - Illinois mine subsidence research program*. Champaign: ISGS, 1988. 18p.

INFANTI JUNIOR N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.

MARGULIS, S. Uma avaliação econômica dos impactos ambientais decorrentes da produção de carvão mineral. **Pesquisa, Planejamento e Economia**, v. 15, n. 1, p. 209-240, 1985.

MCMARTIN, W.; WHETZEL, V.; MYERS, P. R. **Coal development in Rural America – the resources at risk**. Washington, DC.: United States Department of Agriculture, 1981. 84p. (Rural Development Research Report .n.29).

MEIER, L.; GIBSON, R. Approaches to mine subsidence in four U.S. communities. Utah: Utah Division of Oil, Gas and Mining, 2002. 14p. Disponível em: <[https://fs.ogm.utah.gov/pub/mines/AMR\\_Related/NAAMLP/PMImpl/MeierGib.pdf](https://fs.ogm.utah.gov/pub/mines/AMR_Related/NAAMLP/PMImpl/MeierGib.pdf)>. Acesso em: 4 mar. 2013.

MENEZES, C. T. B. **Investigação sobre a “validade” para os estados brasileiros produtores de carvão de algumas “lições apreendidas” com a implementação da legislação sobre subsidência planejada de minas de carvão em Illinois, EUA**. Criciúma: Companhia Carbonífera de Araranguá, 1995.

MENEZES, C. T. B. **Condução do estudo “impactos socioambientais da subsidência de minas antigas de carvão: análise dos conflitos”**. Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense, 16 fev. 2013. (Comunicação pessoal).

MILIOLI, G. **Mineração de carvão e desenvolvimento sustentado na região sul de Santa Catarina**: estudo exploratório de percepção, valores e atitudes num bairro do município de Criciúma. 1993. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

NUNES, P. H. F. **Mineração & meio ambiente**: o desenvolvimento sustentável. Curitiba: Jurua, 2006. 241p.

PASQUINO, G.; BOBBIO, N.; MATTEUCCI, N. **Dicionário de política**. 2 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1986. p. 225-230.

RAMOS, B. W. **Investigação sobre a “validade” para os estados brasileiros produtores de carvão de algumas “lições apreendidas” com a implementação da legislação sobre subsidência planejada de minas de carvão em Illinois, EUA**: Ofício n. 019/95 de 2 maio de 1995. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1995.

RUIZ, M. S. **SMCRA’s Underground Mining Regulations: Lessons Learned from the Implementation of the Rules and Regulations Pertaining to Planned Subsidence in Illinois**. Southern Illinois University at Carbondale, PhD dissertation, 344p.,1996.

SANCHEZ, L. E. **Investigação sobre a “validade” para os estados brasileiros produtores de carvão de algumas “lições apreendidas” com a implementação da legislação sobre subsidência planejada de minas de carvão em Illinois, EUA**. São Paulo: USP/Poli, 1995.

SÁNCHEZ, L. E. **Planejamento para o fechamento prematuro de minas**. **REM. Revista Escola de Minas**, v. 64, p. 117-124, 2011.

SÁNCHEZ, L. E.; CROAL, P. Environmental impact assessment, from Rio-02 to Rio+20 and beyond. *Ambiente e Sociedade*, v. 15, p. 41-54, 2012.

SANTOS, J. V. **Um olhar sócio-ambiental da história:** a trajetória do movimento ambientalista e seus conflitos com a atividade carbonífera no Sul de Santa Catarina (1980 – 2008). 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós Graduação em História, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SCOTTO, G. Estados nacionais, conflitos ambientais e mineração na América Latina. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 4., 2011, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2011.

SEVÁ, O. **Mina grande, conflitos gerais.** Belo Horizonte: GETA, 2011. Disponível em <[http://www.ifch.unicamp.br/profseva/SEVA\\_texto%20analiticoR\\_MapeamentoGESTA\\_junho2011.pdf](http://www.ifch.unicamp.br/profseva/SEVA_texto%20analiticoR_MapeamentoGESTA_junho2011.pdf)>. Acesso em: 26 dez. 2012.

TREWORGY, C. G.; HINDMAN, C. A. **The proximity of underground mines to residential and other built-up areas in Illinois.** Champaign: Illinois State Geological Survey, 1991. 18p. (Environmental Geology 138).

U. S. CONGRESS. **Surface Mining Control and Reclamation Act [Public Law 95-87]. Section 402 – Reclamation fee.** Washington, DC: U. S. CONGRESS. 1977. (revised through July 6, 2012). Disponível em: <<http://www.osmre.gov/topic/LRG/LRG.shtm>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Centro de Ecologia. **Carvão e meio ambiente.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000. 1006p.

VALIATI, D. Condução do estudo “impactos socioambientais da subsidência de minas antigas de carvão: análise dos conflitos”. Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense. Entrevista concedida a Rosany Correa em 13 jun. 2013.

VALIATI, D. **Investigação sobre a “validade” para os estados brasileiros produtores de carvão de algumas “lições apreendidas” com a implementação da legislação sobre subsidência planejada de minas de carvão em Illinois, EUA.** Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1995.

VOLPATO, T. G. **A pirita humana:** os mineiros de Criciúma. 1982. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Sociais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1982.

WESTMAN, W. E. **Ecology, impact assessment and environmental planning.** New York: John Wiley & Sons, 1985. p.91-127.

WHITE, I. C. Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brazil – Relatório final. (relatório bilíngue, português e inglês) 1908. In: COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Edição comemorativa:** 100 anos do Relatório White. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 2008. 617p.

ZINGANO, A. C.; KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. Colapso de pilares em mina subterrânea de carvão - mina do Barro Branco - Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA SUBTERRÂNEA, 3., 2004, Belo Horizonte. *Anais...* Brasília: IBRAM, 2004. v.1.

Submetido em: 26/03/13.

Aceito em: 06/03/14.

# ABORDAGENS DE CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS EM CASOS DE SUBSIDÊNCIA DE MINAS DE CARVÃO NO BRASIL E EUA

---

MAURO SILVA RUIZ;  
ROSANY CORREA;  
AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO;  
AYRTON SINTONI (*in memoriam*)

**Resumo:** Este trabalho analisa os conflitos socioambientais relacionados aos impactos de minas subterrâneas de carvão em Santa Catarina, Brasil, e Illinois, EUA, visando identificar “lições apreendidas” por participantes do processo de implantação de regulamentações de subsidênci naquele estado americano que possam ser relevantes para a gestão ambiental em áreas impactadas por este fenômeno no Brasil. Illinois tem uma vasta experiência no assunto por ter 2,8% do seu território minerado por carvão. No Brasil assume-se que os conflitos decorrentes de subsidênci representam obstáculos ao desenvolvimento sustentável da região carbonífera catarinense. A metodologia do estudo consistiu em revisão da literatura, aplicação de questionários e realização de entrevistas com especialistas em mineração de carvão. As lições apreendidas mais importantes para Santa Catarina referem-se à necessidade de conhecer detalhadamente as áreas da região carbonífera que foram mineradas subterraneamente visando veicular informações claras e objetivas sobre os riscos da movimentação das superfícies, além de oferecer seguro de à população.

**Palavras-chave:** Conflitos socioambientais; Mineração subterrânea; Subsidênci; Impactos ambientais; Sustentabilidade.

**Abstract:** This paper analyzes the social and environmental conflicts related to impacts of over underground coal mines in Santa Catarina, Brazil, and Illinois, USA, in order to identify “lessons learned” by participants of the implementation of the subsidence regulations in Illinois that may be relevant for future environmental management in areas affected by in Brazil. Illinois has a large experience in this issue because 2,8% of its area have been mined out for coal. It is assumed that these conflicts represent obstacles to sustainable development in the coal mining region of Santa Catarina. The study methodology consisted of a literature review, questionnaire applications and interviews carried out with specialists in coal mining. The most important lessons learned in Illinois refers to the need of having a thorough knowledge of the areas underground mined for coal in order to conveying clear and objective information regarding the potential risks of subsidence and also offering insurance to the population.

**Keywords:** Social and environmental conflicts; Underground mining; Subsidence; Environmental impacts; Sustainability.

**Resumen:** Este artículo analiza los conflictos socio ambientales relacionados a los impactos de minas subterráneas de carbón en Santa Catarina, Brasil, y Illinois, EUA, con el fin de identificar las lecciones aprendidas por los participantes del proceso de implementación de los reglamentos de subsidencia en el estado norte americano que pueden ser relevantes para la gestión ambiental en áreas impactadas por este fenómeno en Brasil. En Illinois se adquirió una vasta experiencia en el abordaje de los conflictos derivados de la subsidencia visto que 2.8% de su territorio es ocupado por minerías de carbón. Se supone que estos conflictos representan obstáculos al desarrollo sostenible en la región carbonífera brasileña de Santa Catarina. La metodología del estudio consistió en una revisión de la literatura, encuestas y entrevistas con especialistas en minería de carbón. Los aprendizajes más importantes para Santa Catarina se refieren primeramente a la necesidad de conocer adecuadamente las áreas de la región que fueron mineradas subterráneamente. Ese conocimiento permite transmitir informaciones claras y objetivas acerca de los riesgos de subsidencia y ofrecer seguro a la población.

**Palabras clave:** Conflictos socio ambientales; Minería subterránea; Subsidencia; Impactos ambientales; Sostenibilidad.

---