

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAELA BENDO

**ANÁLISE DO RISCO DE OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM
SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC) UTILIZANDO TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

CRICIÚMA

2013

RAFAELA BENDO

**ANÁLISE DO RISCO DE OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM
SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC) UTILIZANDO TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Fabiano Luiz Neris

CRICIÚMA

2013

RAFAELA BENDO

**ANÁLISE DO RISCO DE OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM
SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC) UTILIZANDO TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Restauração de ambientes alterados e recuperação de áreas degradadas.

Criciúma, 28 de novembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fabiano Luiz Neris – Mestre – (UNESC)- Orientador

Prof. Leandro Dilnei Viana Soares - Mestre – (UNESC)

Prof. Jorge Luiz Vieira - Mestre – (UNESC)

Aos meus pais, Angelo e Justina, pelo incentivo aos estudos e amor dedicado, estando sempre ao meu lado, fortalecendo os momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Angelo Jacó Bendo e Justina Meneghel, por terem me ensinado o valor dos estudos, além da compreensão e paciência que dispuseram, e confiança depositada, sempre com palavras de carinho e estímulo, quando tudo parecia estar tão distante.

À minha irmã Renata Bendo, pelas dicas e correções ao trabalho, após inúmeras revisões.

Ao professor Dario Vailati, mestre inspirador, pelo incentivo dado à produção desse trabalho, além das horas compartilhadas na busca por registros históricos sobre mineração de carvão na região, bem como pelo conhecimento doado, de maneira a viabilizar a este estudo. Geólogo que não mede esforços em sua infinita solidariedade, exemplo de profissional e cidadão. Obrigada pelos materiais cedidos, conhecimento trocado, e experiências vividas ao longo dos últimos três anos.

Ao mestre e orientador professor Fabiano Luiz Neris, por viabilizar as ideias e intenções desse estudo, e pela sua incansável dedicação, apoio e bom humor, mesmo ao final de dias cansativos de trabalho, estando sempre acessível para sanar e assistir minhas dúvidas.

Aos Mestres Leandro Dilnei Viana Soares e Jorge Luiz Vieira, por aceitarem o convite, e serem avaliadores deste trabalho.

Às amigas e confidentes Graziela Bolan e Fernanda Ricken, pela paciência e apoio prestados, ouvindo os desabafos e vivenciando os momentos de angústia e alegria ao longo da produção desse trabalho.

Ao engenheiro químico Plínio de Sá Moreira, pela oportunidade de estágio cedida, sem a qual este trabalho não seria possível.

Ao geólogo Sidnei Luiz da Cruz Zomer, pelos inúmeros ensinamentos, e exemplos de ética e conduta técnica, contribuindo para meu amadurecimento profissional.

Aos colegas do DNPM geólogo Patrick Schaldach e Técnico em Mineração Fábio dos Santos Dantas, pelo apoio disponibilizado e incansáveis horas de debate, sempre muito enriquecedoras, sobre as atividades de mineração de carvão na região.

Aos colegas da FAMCRI, por compreenderem minha dupla jornada, e

permitirem a produção desse trabalho.

E, aos verdadeiros amigos que conquistei na faculdade, responsáveis por transformarem os últimos cinco anos em momentos fantásticos, dos quais jamais esquecerei. Que nossos medos, angústias, festas, comemorações e conquistas continuem a ser compartilhados.

“Precisamos dar um sentido humano às nossas construções. E, quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu.”

Érico Veríssimo

RESUMO

A ocupação urbana no Município de Criciúma teve origem nas margens de cursos d'água, bem como, no entorno de bocas de minas para extração de carvão mineral. Logo, ocorreu sem o planejamento urbano adequado, e sim, seguindo o desenvolvimento das atividades econômicas locais. Então, resultou no desordenamento territorial, e na ocupação urbana sobre áreas de risco, que podem originar danos estruturais às construções, além de outros impactos ambientais, como o rebaixamento do aquífero subterrâneo, e secamento de poços e açudes. Assim, identifica-se a necessidade de repensar o planejamento urbano proposto para o Município, quando da aprovação de seu mais recente plano diretor, datado de 2012, a fim de não incentivar a ocupação de áreas sujeitas a riscos de subsidência. A identificação das áreas de riscos para a ocupação urbana foi o foco do trabalho. Para isso, fez-se uso de técnicas de geoprocessamento, visando à criação de mapas temáticos, que subsidiaram a produção dos mapas finais, de risco de ocupação, bem como, o mapa retratando as áreas de conflito entre o plano diretor e os locais com maiores riscos agregados, ambos gerados pela integração de planos de informação, ou seja, a partir do cruzamento de mapas temáticos. A produção dos mapas finais foi viabilizada pela utilização de sistemas de informação geográficas, bem como, por meio do método de suporte à decisão por análise hierárquica. Portanto, teve-se a delimitação das áreas de Criciúma, onde se devem restringir o uso da superfície, como nos bairros Sangão, Jardim Angélica, Pinheirinho e São Luiz, visando evitar o surgimento de problemas, decorrentes de movimentações do maciço rochoso, por causa da existência de vazios em subsolo, com o intuito de reduzir o número de pessoas com seus patrimônios lesados.

Palavras-chave: Plano Diretor. Planejamento Urbano. Mineração. Geoprocessamento. Sistema de Informação Geográfica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Caimento do teto imediato em mina de carvão de subsolo.....	28
Figura 02 – Representação do comparativo entre a ocorrência de subsidência e uma mina com pilares preservados.	29
Figura 03 – Comparação entre as representações gráficas, vetorial e matricial, respectivamente.	49
Figura 04 – Relação entre dados vetoriais e matriciais e as camadas que compõem um mapa.....	51
Figura 05 – Processamento de mapas para o equacionamento de álgebra cartográfica.	58
Figura 07 – Plano de trabalho por etapas.....	63
Figura 08 – Localização do Município de Criciúma, SC.....	64
Figura 09 – Aplicação do método de suporte à decisão AHP para os parâmetros urbanísticos do plano diretor, no software SPRING.	83
Figura 10 - Aplicação do método de suporte à decisão AHP para as categorias de fragilidades das áreas mineradas em subsolo.	88
Figura 11 – Modelo matricial de espessura de capeamento da camada Barro Branco em Criciúma.....	89
Figura 12 – Gráfico de áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma por camada de carvão.	98
Figura 13 – Gráfico de classificação quanto aos métodos de lavra para extração de carvão em subsolo no Município de Criciúma, SC.....	101
Figura 14 – Galeria de mina de extração de carvão, na camada Barro Branco, encontrada durante a construção de uma residência na região central de Criciúma, SC.....	103
Figura 15 – Vista do bairro Pio Corrêa em Criciúma, SC, onde a ocupação urbana foi promovida sem a informação quanto à profundidade e conservação das minas. ...	107
Figura 16 – Gráfico da relação quantificada entre as cinco categorias de risco de ocupação no Município de Criciúma, SC.	108
Figura 17 - Área de muito alto risco de danos estruturais no bairro Recanto Verde em Criciúma, SC.....	108
Figura 18 – Área de muito alto risco de danos estruturais no bairro Pinheirinho em Criciúma, SC.....	108

Figura 19 – Área de médio risco de danos estruturais no bairro Fábio Silva em Criciúma, SC.....	110
Figura 20 - Área de médio risco de danos estruturais no bairro Jardim Angélica em Criciúma, SC.....	111
Figura 21 - Área de baixo risco de danos estruturais no bairro Pinheirinho, em Criciúma, SC.....	112
Figura 22 - Área de baixo risco de danos estruturais, representada ao fundo, pelo Morro Cechinel, no bairro Arquimedes Napolini, em Criciúma, SC.	112
Figura 23 - Área de muito baixo risco de danos estruturais no bairro Vila Macarini em Criciúma, SC.....	113
Figura 24 – Gráfico da relação quantificada entre as cinco categorias de conflito de ocupação urbana e áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma, SC. .	115
Figura 25 – Área de maior conflito do plano diretor municipal.	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Síntese dos processos de planejamento urbano de Criciúma, SC.	37
Quadro 02 – Comparação entre as representações matricial e vetorial, para fins de elaboração de mapas temáticos.....	50
Quadro 03 – Operações de transformação de dados.	58
Quadro 04 – Informações referentes aos dados secundários coletados para fins de elaboração do trabalho em Criciúma, SC.....	65
Quadro 05 – Softwares utilizados na elaboração dos mapas temáticos.	67
Quadro 06 – Dados coletados e editados a partir de perfis de sondagem da CPRM.	72
Quadro 07 – Tamanho da área de influência conforme a classe de espessura de capeamento da camada de carvão Barro Branco.	76
Quadro 08 – Valores dos parâmetros urbanísticos classificados por zona do plano diretor de Criciúma.	81
Quadro 09 – Significado dos pesos atribuídos na análise hierárquica pareada.	82
Quadro 10 – Proposta de ocupação do plano diretor, conforme análise hierárquica de parâmetros urbanísticos.....	85
Quadro 11 – Notas atribuídas de acordo com o potencial de causar danos estruturais e patrimoniais à superfície de áreas mineradas, conforme as fragilidades das minas de subsolo.....	90
Quadro 12 – Potencial de conflito interpretado a partir do cruzamento entre o grau de ocupação urbana e o risco de danos estruturais e patrimoniais proveniente da mineração.....	94
Quadro 13 – Banco de dados digital das áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma, SC.	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGGI - Associação Geodésica e Geofísica Internacional
AHP - Analytic Hierarchy Process (Análise de Suporte à Decisão)
AMREC - Associação de Municípios da Região Carbonífera
BHMN - Base de Hidrografia da Marinha em Niterói
CAD - Computer Aided Desing (Desenho Assistido por Computador)
CBCA - Companhia Brasileira Carbonífera de Araranguá
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
EFDTC - Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina
FATMA - Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
GIS - Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica)
GPS - Global Positioning System (Sistema Global de Posicionamento)
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPAT/UNESC - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/ Universidade do Extremo Sul Catarinense
IPPUR - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano Regional
JFSC/IPAT - Justiça Federal de Santa Catarina/Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnologias
MDT - Modelo Digital de Terreno
MPF - Ministério Público Federal
NRM - Norma Reguladora de Mineração
PDI - Processamento Digital de Imagens
SAD69 - South American Datum 1969 (Datum Sul Americano)
SCN - Sistema Cartográfico Nacional
SGB - Sistema Geodésico Brasileiro
SIECESC - Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina
SIRGAS2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SOLTECA - Sociedade Termelétrica de Capivari
SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

UGGI 67 - União Geodésica e Geofísica Internacional de 1967

UTM - Universal Transversa de Mercator

WGS84 - *World Geodetic System* 1984 (Sistema Geodésico Global)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 HISTÓRICO E INFLUÊNCIA DA EXTRAÇÃO DE CARVÃO NA OCUPAÇÃO URBANA DE CRICIÚMA	20
3.1.1 Extração de Carvão em Criciúma	26
3.1.2 Fragilidades Estruturais das Minas de Carvão em Criciúma	27
3.2 PLANEJAMENTO URBANO	31
3.2.1 Planejamento Urbano do Município de Criciúma	32
3.3 GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO	37
3.3.1 Sensoriamento Remoto	40
3.3.2 Cartografia	41
3.3.2.1 Sistemas de Projeção Cartográfica	45
3.3.2.2 Estruturas de Representação de Dados Espaciais	48
3.3.3 Cartografia Temática	51
3.3.4 Sistema de Informação Geográfica (SIG)	52
3.3.5 Análise Espacial	56
3.3.5.1 Álgebra de Mapas.....	57
3.3.5.2 Processo Analítico Hierárquico (AHP)	59
4 METODOLOGIA	62
4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	63
4.2 COLETA DE DADOS SECUNDÁRIOS	64
4.3 CONVERSÃO DE DADOS PARA SIG	65
4.4 SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS.....	66
4.5 ELABORAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS E ADIÇÃO DE ATRIBUTOS	66
4.5.1 Mapa de Ocupação Urbana Atual do Município de Criciúma	67
4.5.2 Mapa de Zoneamento do Plano Diretor Municipal	68
4.5.3 Mapa de Áreas Mineradas em Subsolo	68

4.5.4 Mapa de Espessura de Capeamento das Áreas Mineradas em Subsolo ..	71
4.5.5 Mapa de Método de Lavra para Extração de Carvão em Subsolo	76
4.5.6 Mapa de Registro de Danos Estruturais e Patrimoniais	77
4.6 EDIÇÃO GRÁFICA DOS MAPAS TEMÁTICOS	78
4.7 ANÁLISE ESPACIAL	79
4.7.1 Técnica de Suporte à Decisão AHP	79
4.7.1.1 Mapa do Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal	79
4.7.1.2 Mapa de Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo .	86
4.7.2 Sobreposição de mapas	92
4.7.2.1 Mapa de Conflitos entre o Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal e o Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo	93
4.8 CÁLCULO DE ÁREAS	95
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	96
5.1 MAPA DE OCUPAÇÃO URBANA ATUAL DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA	96
5.2 MAPA DE ZONEAMENTO DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL.....	97
5.3 MAPA DE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO.....	98
5.4 MAPA DE ESPESSURA DE CAPEAMENTO DAS ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO.....	100
5.5 MAPA DE MÉTODO DE LAVRA PARA EXTRAÇÃO DE CARVÃO EM SUBSOLO.....	101
5.6 MAPA DE REGISTRO DE DANOS ESTRUTURAIS E PATRIMONIAIS.....	102
5.7 MAPA DO GRAU DE OCUPAÇÃO URBANA PROPOSTO PELO PLANO DIRETOR MUNICIPAL	104
5.8 MAPA DE RISCO DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO.....	105
5.9 MAPA DE CONFLITOS ENTRE O GRAU DE OCUPAÇÃO URBANA PROPOSTO PELO PLANO DIRETOR MUNICIPAL E O RISCO DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO	114
6 CONCLUSÃO	119
REFERÊNCIAS.....	123
ANEXO	129
ANEXO A – GRUPO DE MAPA DE RISCO.....	130
APÊNDICES	132

APÊNDICE A – QUADRO DAS NOTAS DE RISCO DE DANOS ESTRUTURAIS E PATRIMONIAIS, NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, CALCULADO PELO MÉTODO DE SUPORTE À DECISÃO AHP	133
(CONTINUA).....	133
APÊNDICE B – MAPA DE OCUPAÇÃO URBANA ATUAL DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA	139
APÊNDICE C – MAPA DE ZONEAMENTO DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL..	141
APÊNDICE D – MAPA DE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO	143
APÊNDICE E – MAPA DE ESPESSURA DE CAPEAMENTO DAS ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO	145
APÊNDICE F – MAPA DE MÉTODO DE LAVRA PARA EXTRAÇÃO DE CARVÃO EM SUBSOLO	147
APÊNDICE G – MAPA DE REGISTRO DE DANOS ESTRUTURAIS E PATRIMONIAIS	149
APÊNDICE H – MAPA DO GRAU DE OCUPAÇÃO URBANA PROPOSTO PELO PLANO DIRETOR MUNICIPAL.....	151
APÊNDICE I – MAPA DE RISCO DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO	153
APÊNDICE J – MAPA DE CONFLITOS ENTRE O GRAU DE OCUPAÇÃO URBANA PROPOSTO PELO PLANO DIRETOR MUNICIPAL E O RISCO DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO.....	155

1 INTRODUÇÃO

O município de Criciúma sofreu uma transformação social e espacial, desde o seu período de colonização, quando a base econômica era essencialmente agrícola e pastoril, até a situação atual, onde se percebe o desenvolvimento urbano, após o período da mineração de carvão, desde a sua origem, até seu auge e declínio.

O carvão foi descoberto no ano de 1822 na região Sul de Santa Catarina (JFSC/IPAT, 2010). No entanto, a atividade de mineração ocorreu de forma mais intensa, apenas a partir do ano 1930 (MILIOLI, 2009). Na época, foram empregados diversos métodos de lavra do minério, dentre eles: câmaras e pilares, *longwall* ou lavra com recuperação de pilares, picareta e céu aberto. Para a operação das minas, era exigida autorização do órgão competente, nesse caso o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Visando a anuência do órgão para lavra, uma série de documentos era e continua sendo, entregue ao Departamento. No entanto, ainda hoje, não se dispõe da compilação desses dados, que seguem isolados dentro de cada processo, sem que haja comunicação entre eles.

Por isso, torna-se imprescindível a síntese e união desses dados em um formato de fácil acesso e manejo, a fim de proporcionar melhor condição de trabalho aos técnicos do órgão, bem como, favorecer a sociedade com informações mais precisas quanto à localização e características das lavras realizadas em subsolo no Município.

Atualmente, existe o conflito entre os superficiários, habitantes que residem sobre áreas mineradas, e as empresas mineradoras, uma vez que, a ocupação urbana ocorreu em Criciúma, até a década de 1970, sem qualquer plano de ordenamento. Dessa forma, há grande número de reclamações no tocante a danos estruturais e patrimoniais, por parte dos moradores.

O trabalho possui por tema a análise do risco proporcionado às edificações e meio ambiente, devido à ocupação urbana proposta pelo zoneamento do Plano Diretor sobre áreas mineradas em subsolo, dentro dos limites municipais de Criciúma, SC.

Para se chegar à compreensão da temática, fez-se uma vasta

pesquisa bibliográfica, com o intuito de adquirir conceitos e fundamentações teóricas acerca do assunto. Assim, buscou-se dispor de uma gama de informações pertinentes à temática de planejamento urbano, por meio do emprego de ferramentas de auxílio à gestão territorial.

A produção de um mapa contendo as áreas onde houve mineração de carvão em subsolo vem auxiliar, principalmente, os procedimentos referentes ao atendimento de denúncias, quanto à ocorrência de danos estruturais em edificações, danos patrimoniais e subsidências, uma vez que, possibilitará identificar a existência de mina subterrânea no local, e em caso afirmativo, definir qual a mina, qual empresa minerou, e informar qual a espessura de capeamento aproximada que existe naquele local. Além disso, também facilitará o fornecimento de respostas a consultas realizadas por parte do setor de construção civil, em ampla expansão na região, quanto à ocorrência de mina em determinadas áreas.

Conforme Ladwig e Schwalm (2012), os mapas dispõem da vantagem de transmitirem informações com rapidez, através de desenhos que seguem padrões determinados, por isso tornam-se cada vez mais empregados como ferramentas fundamentais para o planejamento da ocupação urbana nos municípios. O mapa de risco, do qual trata este estudo, portanto, tem o papel de fornecer uma representação cartográfica dos riscos de danos aos recursos estruturais e patrimoniais, decorrentes da atividade de mineração de carvão em subsuperfície em Criciúma.

Com a elaboração do mapa, torna-se possível comparar as áreas onde houve mineração de subsuperfície, com a proposta de ocupação urbana, conforme o zoneamento do Plano Diretor Municipal. A análise da relação entre ambos é de extrema importância, e esta pode ser feita através da criação de um índice de risco, que proporciona o conhecimento de áreas com risco maior ou menor de ocupação, conforme as características da mina, relacionando com a permissividade de ocupação urbana de cada zona do Plano. Desse modo, pode-se identificar áreas onde o desenvolvimento da ocupação urbana deve ser limitado, com o intuito de evitar danos estruturais às edificações e danos patrimoniais.

Em suma, o trabalho torna-se relevante do ponto de vista social, uma vez que, visa diagnosticar e fornecer subsídios para ações de melhoria

com indicação técnica para decisões acerca do ordenamento do uso do solo de Criciúma, de maneira a minimizar os conflitos existentes.

Portanto, o trabalho deve configurar uma ferramenta útil tanto para os trabalhos realizados pelo órgão fiscalizador, como para a sociedade, além de que, poderá ser utilizado para orientar os locais mais adequados à instalação de edificações futuras, conforme o menor risco atribuído.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir uma análise de risco da ocupação sobre áreas mineradas em subsolo no município de Criciúma, SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e caracterizar as áreas mineradas em subsolo no território de Criciúma, SC;
- Produzir um mapa de Áreas Mineradas em Subsolo no território de Criciúma, SC;
- Identificar os aspectos urbanísticos propostos no Plano Diretor Municipal para a ocupação do território;
- Criar um índice para determinar o risco de ocupação do território, a partir da comparação entre os parâmetros definidos no Plano Diretor Municipal e as fragilidades identificadas nas áreas mineradas em subsolo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o intuito de atingir a compreensão da temática, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica, a fim de adquirir conceitos e fundamentações teóricas relacionados à mineração de carvão e planejamento urbano no Município de Criciúma, bem como, referente à aplicação de ferramentas de geoprocessamento, como subsídio para projetos de planejamento territorial.

3.1 HISTÓRICO E INFLUÊNCIA DA EXTRAÇÃO DE CARVÃO NA OCUPAÇÃO URBANA DE CRICIÚMA

A atividade de extração mineral evoluiu de forma mais consistente nos últimos cinquenta anos, com o aperfeiçoamento de técnicas e equipamentos. No entanto, a mineração é uma prática bastante antiga, e de acordo com Caetano (2006), é reconhecida como atividade primitiva e necessária, que proporciona a sobrevivência e produção de bens sociais e industriais. Apesar disso, quando é executada sem estudo e controle, é responsável por causar intensa degradação ambiental.

Em complemento, Caetano (2006) relata que, para a obtenção de sucesso na mineração, é imprescindível dispor de planejamento, e a partir deste, optar pela adoção da melhor tecnologia aplicável à situação, além de, contar com uma equipe qualificada e competente. Dessa forma, a lavra ocorre visando as melhores condições de segurança e menor impacto ao meio ambiente, devendo este ser minimizado, mitigado e compensado, conforme o mais adequado. Por fim, Caetano (2006) ressalta para o fato de que, uma mineração bem executada dispõe do compromisso de restabelecer as condições do meio ambiente encontradas anteriormente à atividade.

Corroborando com a temática sobre mineração, Milioli (2009) afirma que a extração de carvão no Brasil segue uma trajetória cíclica, que varia conforme as épocas de maior consumo e demanda interna. De acordo com Milioli (2009), o crescimento na produção se deu na época da instalação da Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina (EFDTC), no ano de 1919.

O processo de colonização e ocupação do território do município de Criciúma, extremo Sul do Estado de Santa Catarina, é reflexo de sua história, posição geográfica, e de seus aspectos sociais, econômicos e ambientais.

A primeira ocupação se deu, em seis de janeiro de 1880. Na época, essa região era conhecida como Núcleo São José de Cresciúma, e foi colonizada por vinte e duas famílias italianas, que conseguiram a concessão para o uso da terra. Até o primeiro quarto do século XX, a atividade desenvolvida era apenas a agropastoril, que só veio a perder importância, em 1913, com a descoberta e extração do carvão mineral (CRICIÚMA, 1978).

Assim, iniciaram-se as primeiras alterações no espaço ocupado, tendo em vista a necessidade do desenvolvimento de infraestruturas, como vias de circulação de pessoas e transporte de cargas. Belolli, Quadros Guidi (2010) fazem referência ao fato de, no início, a atividade de extração de carvão configurar apenas como uma ação rudimentar, sem causar grandes impactos na paisagem regional.

Cabe destacar que, muito antes disso, ainda no século XIX, já se tinha conhecimento da existência de carvão no Sul do Estado, e sua exploração já havia iniciado em Lauro Muller, município localizado ao norte da bacia carbonífera, em 1860. Todavia, a descoberta do carvão na Vila de São José, ocorreu apenas em 1893. Em 1917, outro núcleo já havia se desenvolvido na região, a oeste do anterior, era o núcleo Santo Antônio. Foi onde a Companhia Brasileira Carbonífera de Araranguá (CBCA) decidiu se instalar (PORTO, 2008).

A atividade mineira foi impulsionada durante o Governo de Wenceslau Braz, no mesmo período no qual acontecia a Primeira Guerra Mundial, de 1914 a 1918. Este,

promoveu uma série de incentivos e benefícios, dentre eles o comprometimento do poder público federal quanto ao uso de carvão mineral em todos os seus serviços, como: redes ferroviárias, embarcações da marinha mercante e de guerra, companhias de iluminação. A implantação do ramal ferroviário, interligando o porto de Laguna às minas de São José, entrou como principal benefício, considerado indispensável ao pleno funcionamento do escoamento da produção do carvão mineral. Esta ferrovia tornou-se de fundamental importância para a expansão da atividade carbonífera realizada na zona do vale do Araranguá (PORTO, 2008, p. 54).

Entretanto, o carvão nacional era de pior qualidade e alto preço, se comparado com o carvão estrangeiro, e com o fim da guerra, a Europa voltou a exportar o produto para o Brasil. Assim, na década de 20, tem início a primeira crise carbonífera (BELOLLI; QUADROS; GUIDI, 2010).

Em consequência da crise, o setor teve de sofrer adaptações, e se abrir ao mercado interno, sua única perspectiva de venda. Logo, em 1921, criou-se a Sociedade Carbonífera Próspera, primeira Carbonífera a se instalar em Criciúma, que deu origem a um novo núcleo de ocupação urbana ao seu entorno, dando origem ao terceiro núcleo da cidade. Posteriormente, em 1925, a Vila São José de Cresciúma foi emancipada (GOULARTI FILHO, 2004 apud PREIS, 2012).

A partir disso, São José de Cresciúma deu início à estruturação urbana que se tem hoje na cidade de Criciúma, tendo a atividade mineradora como principal influência para determinar as áreas de ocupação e proporcionar a infraestrutura mínima à sociedade. Diante do avanço das atividades de extração de carvão, um processo de degradação ambiental teve início no município. Conforme relata Krebs, Dias e Viero (1994), houve descaso por parte das empresas mineradoras e das autoridades governamentais, o que contribuiu para o agravamento da situação ambiental de Criciúma.

Novamente, em 1929, teve início outra crise no setor carbonífero. A ocorrência da crise mobilizou os empresários do setor à pressionar o Governo Federal, a fim de alcançarem condições mais favoráveis e seguras de mercado. Por isso, no governo de Getúlio Vargas (1931) uma série de medidas protecionistas foram impostas, de modo a estabelecer que o carvão nacional utilizado pelas empresas no Brasil, deveria corresponder a 10% da quantidade total importada por essas mesmas empresas. Após, em 1937, esse percentual foi elevado para 20%. A adoção dessas medidas proporcionou a expansão das mineradoras, já que puderam aumentar sua produção. Além disso, possibilitou a inserção de novas empresas e mão de obra no mercado carbonífero, que tinha origem na área rural e foi rapidamente absorvida, uma vez que, não carecia de conhecimentos técnicos específicos para operar nas frentes de lavra. Por conseguinte, junto ao crescimento do setor, teve-se o crescimento das áreas de ocupação urbana (CRICIÚMA, 1978).

Com o início da Segunda Guerra Mundial, assim como aconteceu na primeira, as importações de carvão diminuíram, o que também foi fator contribuinte para o crescimento da atividade em Santa Catarina, sendo que nessa época, o Estado chegou a dispor de trinta empresas mineradoras de carvão. Ainda nesse período, houve a criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro. Apesar de distante, também influenciou o setor, já que aumentou a demanda nacional de carvão (CRICIÚMA, 1978).

Em virtude disso, a população urbana praticamente duplicou, no intervalo de uma década, passando de 4.340 habitantes, em 1940, para 8.014, em 1950. Ainda nesse período, as próprias empresas investiam nas casas para os empregados, e as construíam próximas às minas, de modo que, ficavam distantes do centro urbano já formado, assim, formavam vilas operárias, que mais tarde passaram a configurar bairros. A evidência disso, é que em 1956 podia-se perceber maior densidade populacional a norte, na margem direita do rio Criciúma, em consequência do grande número de minas nessa região (PORTO, 2008).

Quando findou a Segunda Guerra Mundial, teve-se novamente o retorno do carvão estrangeiro ao mercado nacional, e, por conseguinte, queda no consumo do carvão Catarinense, e se isso não bastasse, alguns setores da indústria promoveram a substituição do carvão pelo óleo diesel, como matéria-prima combustível. O resultado foi, novamente, o conflito entre produção e consumo. Visando resolver mais uma vez o impasse, o Governo Brasileiro criou o Plano do Carvão Nacional, por meio da Lei nº 1.886 de 11 de junho de 1953. Como resultado, obteve-se a reestruturação do setor, incluindo portos e ferrovias para escoamento da produção (BELOLLI; QUADROS; GUIDI, 2010).

De acordo com Porto (2008), houve aumento do consumo de carvão, em detrimento da instalação da Sociedade Termelétrica de Capivari (SOLTECA), em 1957. No entanto, as minas passaram por um processo de mecanização na década de 70, favorecidas pelo subsídio oferecido pelo Governo Federal, logo, tem início outra crise no setor, desta vez, com grave impacto social e econômico, já que um número grande de mineiros foi demitido.

Como meio de compensar o impacto sofrido, o Governo Federal proporcionou incentivos financeiros para a instalação de novas indústrias,

promovendo a diversificação industrial. Esta medida foi bastante importante para a região Sul do Estado, uma vez que, possibilitou diversificar a economia, dispondo além das indústrias de mineração, de cerâmicas, têxtil, metalúrgicas, de plástico, entre outras (RODRIGUES, 1998 apud PORTO, 2008). A indústria cerâmica foi a que apresentou melhor desenvolvimento, levando o Município a ser reconhecido como “Cidade do Azulejo” (CRICIÚMA, 1978).

Com a crise do petróleo, na década de 70, o carvão voltou a ser valorizado no mercado. Adicionando-se o fator do desenvolvimento de outros setores industriais na cidade, tem-se, historicamente, o período de maior expansão urbana do Município, que já no início desta década apresentava população de 81.451 habitantes. A resposta dessa expansão foi a ocorrência de profundas transformações ligadas à área urbana, decorrentes do período econômico, e das mudanças técnicas e produtivas vivenciadas pelo Município. Assim, a produção de carvão seguiu elevada até a metade da década de 80 (PORTO, 2008).

Nesse momento de expansão, a cidade já estava definida, onde a área central foi densificada, e alguns núcleos foram se desenvolvendo de forma independente, configurando subcentros, como o Rio Maina, o Pinheirinho e a Próspera (PORTO, 2008).

Em oposição ao desenvolvimento, em 1985 as carboníferas passaram por mais uma crise, novamente pelo uso do carvão estrangeiro pelas siderúrgicas, e também, pelo agravante da recessão que sofreu o setor de construção civil, afetando a produção de cimento, que consumia carvão energético. A dificuldade cresceu em 1988, quando houve a retirada das medidas protecionistas e o corte do subsídio no transporte do minério, durante o governo de José Sarney. No entanto, o golpe fatal para o setor, aconteceu no governo Collor, em 1990, quando se permitiu o livre comércio do carvão estrangeiro. A crise atingiu o setor logo no período econômico mais crítico da história da indústria brasileira, o que resultou no elevado número de demissões, cerca de quinze mil mineiros ficaram desempregados (BELOLLI; QUADROS; GUIDI, 2010).

Para superar a má fase, o modelo econômico teve de ser repensado, e a mão de obra excedente foi absorvida pela indústria da confecção, novo ramo industrial da região, que vigora em crescimento até a

atualidade. Há que se comentar que, ainda hoje, o setor carbonífero segue seu ciclo de altos e baixos, passando novamente por uma crise (PORTO, 2008).

Conforme Ladwig e Schwalm (2012), hoje a industrialização e comercialização são atividades concentradas em cidades metropolitanas, como é o caso de Criciúma. Foi com o impulso proporcionado por esses dois fatores que contribuíram para o crescimento rápido da população urbana. Para resolver os problemas advindos desse crescimento é que se deve elaborar planos de desenvolvimento urbano municipais.

Em análise ao histórico de ocupação de cidade, percebe-se que, boa parte dos problemas urbanos atuais, é herança da forma de colonização e crescimento urbano acelerado, impulsionados pela indústria de extração mineral, sem que fosse realizado um planejamento urbano adequado.

A forma predatória de ocupação, ocorrida no município, expõe a população ao risco, uma vez que, as atividades minerárias concentraram-se próximas a cursos d'água, ou em encostas. Não obstante, a expansão urbana se efetivou a partir dessas áreas, que, além de, por si só, já configurarem áreas de risco para ocupação, há de se destacar, que as vilas foram construídas no entorno das minas. Ou seja, a cidade foi desenvolvida sobre áreas mineradas em subsolo, que também dispõem de risco agregado, já que em muitas minas, a lavra se deu com a remoção dos pilares, e em outros casos, pode ocorrer colapso de pilares, ambos resultando em subsidência. Ademais, algumas minas de subsolo eram rasas, o que significa que, a cobertura acima delas é pouco espessa, e pode não garantir a sustentação de infraestruturas de maior porte, sobre a área minerada. A ocorrência de subsidências e o conflito de danos às estruturas edificadas, construídas sobre a superfície de áreas mineradas em subsolo, são frequentemente identificadas pelo DNPM.

Nota-se que, ao longo da história, o município foi regido pelas empresas carboníferas, e mais recentemente, também pelo setor de construção civil, e devido à dependência social e econômica por parte da população a essas indústrias, o poder público local foi pressionado e, muitas vezes, aliado do setor privado, defendendo ou facilitando seus interesses. Esse é um dos fortes motivos pelos quais os problemas de estruturação urbana de Criciúma permanecem até hoje, já que a ocupação se deu de forma desordenada, ausente de planejamento adequado, e visando atender às

necessidades do interesse do capital privado, sem a concepção de proporcionar bem estar, qualidade de vida, e infraestrutura para a população.

3.1.1 Extração de Carvão em Criciúma

Devido às características geológicas encontradas no município, a mineração de carvão ocorreu com mais frequência em subsuperfície, com destaque para as regiões central e noroeste (KREBS; DIAS; VIERO, 1994). O acesso às minas variava de acordo com as condições do local, podendo ser por galerias de encosta, poços ou planos inclinados.

Atualmente, conforme informações cedidas pelo DNPM, Criciúma dispõe de apenas quatro minas ativas, são elas: Mina Verdinho (camada Barro Branco), da Carbonífera Criciúma, apesar de seu plano inclinado situar-se no município vizinho de Forquilha, os limites da mina adentram em pequenas porções em Criciúma; Mina João Sônego (camada Barro Branco), da Cooperminas, iniciada recentemente, em fevereiro 2012, também com seu plano inclinado em Forquilha, porém, com painéis que se desenvolvem em direção à Criciúma; Mina Santa Augusta Irapuá (camada Irapuá), operada pela Minageo, que já se encontra inativa, aguardando cumprimento de exigências realizadas pelo DNPM para adequações quanto ao seu plano de fechamento; e, Mina 3 (camada Barro Branco), da Carbonífera Catarinense, também inativa, aguardando aprovação do plano de fechamento pelo DNPM. Além destas, também há a Mina Novo Horizonte (camada Bonito), da Carbonífera Rio Deserto, no entanto, esta encontra-se paralisada desde setembro de 2013, com possibilidade de retorno à operação a qualquer momento.

Nas minas de subsuperfície, desenvolvidas em Criciúma, o principal método de lavra empregado foi o de câmaras e pilares, comum para coberturas menores do que trezentos metros e espessuras variáveis, com desmonte manual e por meio de explosivos. O uso desse método considerou o desenvolvimento de galerias paralelas e perpendiculares entre si, delimitando pilares para a sustentação do teto. Krebs (2013) relata que os pilares são dimensionados de acordo com a cobertura existente sobre a camada a ser lavrada, levando em questão as características geomecânicas da rocha.

Os autores Krebs, Dias e Viero (1994) relatam que, no princípio, a lavra ocorria com recuperação dos pilares. Todavia, em meados de 1990, o DNPM, por meio de uma Norma Reguladora de Mineração (NRM), não autorizou mais o desmonte de pilares em minas de carvão, como forma de garantir a preservação da superfície e dos aquíferos.

Conforme Koppe e Costa (2008 apud KREBS, 2013), a partir da proibição, os danos sentidos na superfície de áreas mineradas reduziram. Todavia, algumas minas passaram a registrar o colapso de pilares, resultando em repercussões imediatas à superfície, na forma de subsidências. Ainda, os mesmos autores consideram a vida útil dos pilares muito incerta, ressaltando que no futuro poderão ocorrer complicações quanto à ruptura dessas estruturas sustentadoras. Ademais, como a vida útil dos pilares é de cerca de cem anos, e considerando o crescimento urbano da região, concluíram que, a ocorrência de eventos de subsidência, poderá afetar futuramente zonas urbanas, com consequências bem mais negativas, do que aquelas registradas em zonas rurais.

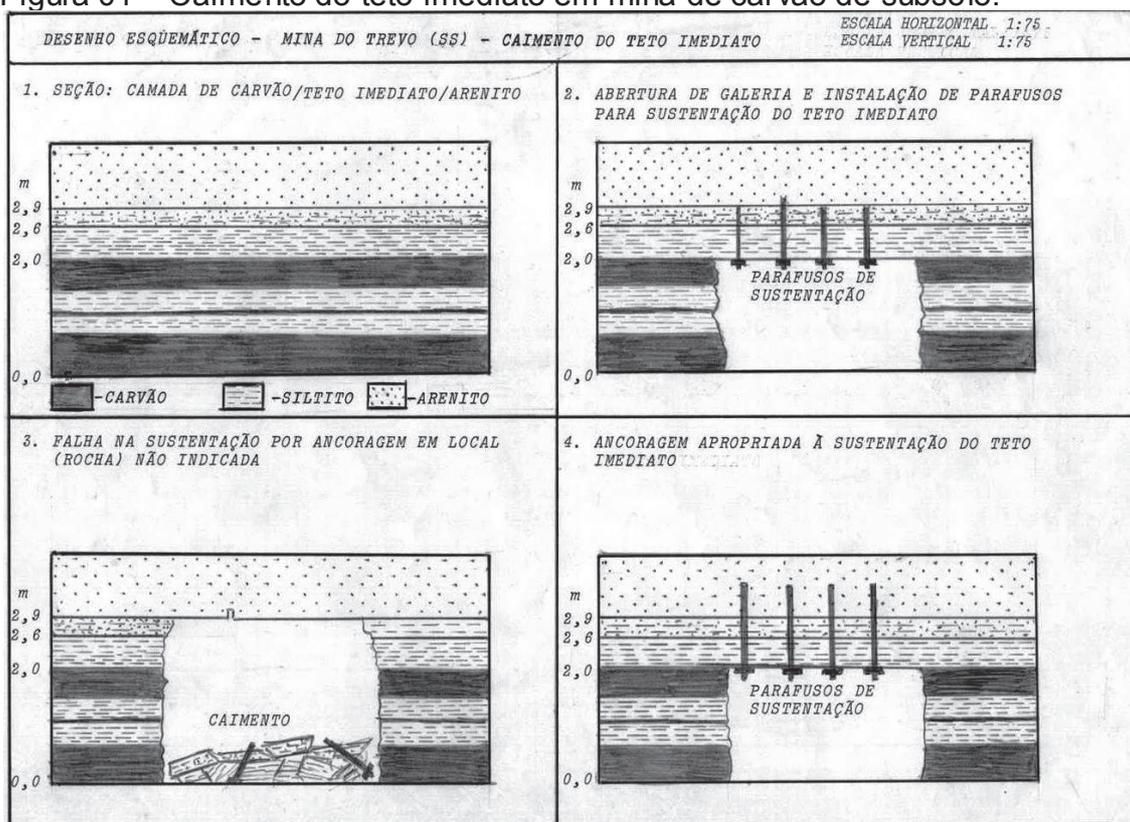
3.1.2 Fragilidades Estruturais das Minas de Carvão em Criciúma

As minas de subsuperfície exigem estudos minuciosos quanto às suas dimensões de largura de galerias e pilares, e altura do teto imediato. Isso porque, a segurança estrutural das minas envolve uma série de riscos, desde aqueles aos quais são submetidos os trabalhadores de subsolo, quanto os riscos às condições encontradas na superfície, como edificações, rios, açudes, nascentes, entre outros. Corroborando com a ideia, Krebs, Dias e Viero (1994) lembram que também é fundamental o conhecimento da constituição litológica do teto e da espessura da cobertura das camadas de carvão, a fim de prevenir a ocorrência de subsidências.

Completam ainda, exemplificando as condições encontradas na região, onde o teto imediato das camadas de carvão costuma ser constituído de arenito maciço, que facilita o escoramento da mina, e principalmente, de siltito rico em pirita. Essa é uma desvantagem, uma vez que, a abertura das galerias expõe o siltito ao fluxo de ar, proveniente da ventilação da mina, promovendo a rápida oxidação da pirita, o que resulta em aumento de volume

da rocha, e, por conseguinte, aumenta o deslocamento da laminação do siltito, causando deslocamento de teto. Os acidentes relacionados com queda de placas são bastante comuns nas minas até hoje, de acordo com o número de registros realizado pelas mineradoras e pelo DNPM. Abaixo, a figura 01 mostra como acontece o caimento de teto imediato, causa recorrente de acidentes de trabalho em minas de subsolo na região de Criciúma.

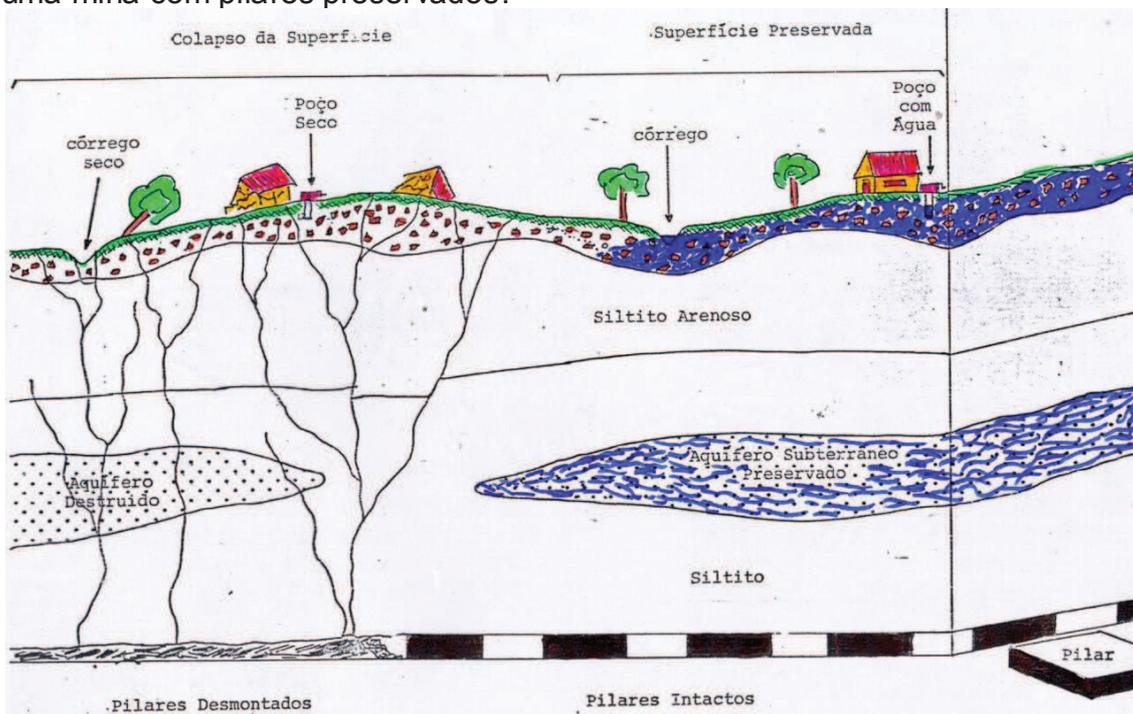
Figura 01 – Caimento do teto imediato em mina de carvão de subsolo.



Fonte: Rio Deserto, 2000.

Outro fator responsável pela instabilidade do teto da camada de carvão é o grau de fraturamento da cobertura. As fraturas e falhas devem ser identificadas em estudos preliminares à instalação das minas, de forma a projetar o avanço dos painéis em direção perpendicular a das falhas, evitando expor as minas ao maior risco estrutural (BRASIL, s.d). A figura 02 ilustra os danos mais comumente relacionados à ocorrência de subsidências.

Figura 02 – Representação do comparativo entre a ocorrência de subsidência e uma mina com pilares preservados.



Fonte: BRASIL, s.d.

Os autores Krebs, Dias e Viero (1994) ressaltam que os principais riscos potenciais aos quais está sujeita a ocupação de áreas mineradas em subsuperfície, referem-se à subsidência e colapso da cobertura do vazio gerado pela mineração, acarretando danos às estruturas construídas sobre estas áreas, a inutilização das mesmas para o cultivo, e o rebaixamento do lençol freático aflorante. Quando se escava, modificam-se as tensões iniciais presentes no maciço, o que acaba resultando em deslocamentos e deformações nas camadas geológicas, que podem afetar a superfície, conforme a geometria da escavação, a profundidade da jazida e as características da geologia local.

As deformações resultantes de subsidências e instabilidades do maciço formam passagens preferenciais para a água subterrânea, direcionando-a para o interior das minas.

Além disso, comentam que, a subsidência, gerada pela ruptura do teto imediato, atinge a superfície de acordo com a profundidade, extensão da área minerada, das características de resistência e empolamento da rocha colapsada e da presença de água. Por outro lado, aquela resultante da ruptura

ou deformação dos pilares de sustentação, costuma causar colapso total do maciço de cobertura, levando à ruptura rígida até a superfície.

Já Krebs (2013) comenta que, a densidade de falhas e fraturas influencia diretamente no comportamento geotécnico do maciço, facilitando a ocorrência de danos estruturais em edificações. Ainda, ressalva dizendo que, as áreas urbanas densamente habitadas, tornam-se mais vulneráveis aos danos oriundos de subsidências.

Uma publicação do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 1984) explica que a extensão lateral de uma subsidência é comumente maior do que a extensão do vazio. Já a subsidência na superfície, costuma ser menor do que a altura do vazio. Também cabe informar, que se trata de um processo gradual, ou seja, subsidências não ocorrem de forma instantânea.

No que se refere aos danos provocados em edificações pela ocorrência de subsidências, Brasil (1984) enfatiza que os danos mais severos são sentidos no centro de curvatura máxima da subsidência, e quando houver, junto a falhas geológicas. Também, quanto maior as dimensões planas de uma construção, maior é sua vulnerabilidade. Além disso, se os eixos maiores das estruturas, forem perpendiculares às curvaturas da subsidência, a edificação está mais exposta aos danos. Ainda, quanto mais rígidas forem as estruturas, maior a vulnerabilidade.

Outro ponto a ser considerado por Brasil (1984), diz respeito às rachaduras e deformações, que ao contrário da subsidência, podem ocorrer de maneira repentina, e agravar-se com o avanço da subsidência. Ademais, edificações que careçam de fundações, correm o risco de sofrerem abalos nestas, o que pode acarretar em danos propagados a todo o restante da estrutura.

Por fim, Krebs (2013) contribui relatando que as atividades de mineração realizadas na Bacia Carbonífera Sul Catarinense são rejeitadas pela maior parte da sociedade devido à forma predatória como se realizaram no passado, gerando passivo ambiental, pelo comprometimento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contaminação dos solos, danos estruturais em edificações, alteração da paisagem e problemas sociais.

Além disso, Krebs (2013) indica o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para facilitar a integração de dados, necessários para

análise do risco associado entre as minas subterrâneas e uso do solo na superfície. Também, destaca a hierarquização dos fatores de risco, como forma de facilitar a análise resultante da integração espacial de dados, nem sempre perceptível por análises simples de dados.

3.2 PLANEJAMENTO URBANO

O planejamento urbano visa projetar as características territoriais de uma cidade, conforme suas tendências, e prever possíveis mudanças e problemas que podem ser evitados. Por outro lado, o planejamento estratégico local dispõe de maior foco para as dinâmicas da esfera física das áreas com ocupação urbana, dessa forma, preocupa-se mais com a concepção de ferramentas e habilidades para antecipar eventos com maior probabilidade de ocorrerem no ambiente urbano de estudo, no futuro (ALMEIDA, 2003).

Trata-se da preparação para a gestão futura de um território, na busca por evitar e minimizar problemas. Já a gestão, consiste na efetivação do que foi anteriormente planejado, ou seja, das condições que o planejamento urbano ajudou a construir (SOUZA, 2002 apud MOURA, 2005).

Conforme o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR, s.d), foram nos últimos trinta anos que se verificou uma evolução, desenvolvimento e diversificação das temáticas no âmbito do planejamento urbano. A partir disso, ocorreram as maiores mudanças nesse campo, incluindo as variáveis tecnológicas, ambientais e culturais nas discussões.

Almeida (2003) discorre que, com o passar dos anos foi se reconhecendo a importância de pesquisar áreas urbanas, pois além de abrigar a maior parte da população terrestre, são essas regiões que detêm o controle da economia mundial, tendo em vista que, gerencia “[...] os fluxos de capital financeiro, recursos naturais e manufaturados, capital humano, informação, conhecimento tecnológico e científico e poder de decisão.” (ALMEIDA, 2003, p.44).

Os planos diretores são elaborados de modo a orientar um programa de ação (JOLY, 2003). Quando se tem o objetivo de planejar o desenvolvimento urbano de um município, é preciso apostar em longo prazo, e dispor da sabedoria de que, há a necessidade de estar equilibrada a relação

entre o edificado e não edificado, e também, entre o que é geração de emprego, espaço público, equipamento, habitação, moradia para as diversas classes da sociedade, entre outros (BENDO, 2010).

Ainda, de acordo com Kolsdorf (2005 apud PORTO, 2008, p. 39), o planejamento urbano surgiu no século XX. Por outro lado, o zoneamento urbano teve início no País, em São Paulo, apenas a partir do ano 1947, utilizando por base o modelo proposto nos Estados Unidos (PORTO, 2008).

Os tipos de uso do solo constituem um dos maiores problemas enfrentados pelos governos. Por isso, criaram-se os planos diretores municipais, que visam disciplinar os usos por meio de Leis e fiscalização para seu adequado cumprimento. Como forma de organizar os usos, Loch (2006 apud LADWIG; SCHWALM, 2012), relata que são criadas zonas, cada qual com a localização e tipo de uso adequado.

Conforme Porto (2008), o zoneamento é utilizado como base para representar os ideais a serem atingidos pelos planos diretores municipais, dessa forma, acaba por servir de apoio para o controle do parcelamento e uso e ocupação do solo.

3.2.1 Planejamento Urbano do Município de Criciúma

De acordo com Preis (2012), Criciúma está atualmente vivenciando sua quinta experiência de planejamento urbano, sendo a primeira em 1957, após em 1973, 1984, seguido de 1999, e mais recentemente, em 2012.

Os planos diretores municipais de Criciúma utilizaram-se de mapas como ferramenta de representação gráfica, para proporcionar melhor compreensão e exposição das propostas. Ladwig e Schwalm (2012) expõem que os mapas são uma forma rápida de transmitir a informação, por meio de padrões de desenho, sendo que a velocidade de compreensão gráfica pode alcançar a proporção de cinquenta mil vezes maior que a de uma leitura, por isso, são largamente utilizados em estudo de planejamento e em planos diretores.

Além disso, ao se analisar o histórico dos planos diretores municipais, é possível observar que, apesar de terem proposto ideias que visassem à concepção de uma cidade ideal, estes não foram eficientes na

aplicação, pois não foram oriundos de processos participativos, e acabaram por favorecer apenas uma minoria dominante do município.

Porto (2008) contribui relatando que, no caso de Criciúma, a cidade dispôs de pouca influência dos planos diretores, haja vista que, ainda na década de 70, quando da aprovação do primeiro Plano Diretor Municipal, em 1973, a ocupação urbana da cidade já estava efetivada, modulada principalmente pelo desenvolvimento industrial e imobiliário. Ou seja, a cidade já havia sido ocupada sem qualquer planejamento.

Conforme destaca Porto (2008), através de análise das alterações no perímetro urbano, ao longo dos Planos Diretores Municipais, tornou-se possível identificá-lo como instrumento para o aumento da arrecadação do Município, e também, para abertura de frentes a novos mercados de uso do solo urbano. Ou seja, houve conflito entre os interesses do planejamento urbano, em controlar a expansão, com o do Município, que visava maior arrecadação. Krebs e Gomes (2007 apud ROSA, s.d) vem ao encontro, ressaltando que o Município, historicamente, apresenta interesses conflitantes no tocante ao planejamento territorial e desenvolvimento urbano.

Somente no Plano de 1984 foi que houve a delimitação e destinação das zonas de áreas mineradas ou a minerar, de rejeitos de mineração, de morros, dentre outras (CRICIÚMA, 1984).

Porto (2008) afirma que o zoneamento ocorreu em função de objetivos, que salvo poucas exceções, visavam atender apenas o interesse da classe dominante, já que é possível perceber a influência dos capitais, industrial e imobiliário na determinação das zonas. Por isso, defende que o planejamento urbano de Criciúma foi afetado por representantes dos poderes político e econômico, que mantinham íntima relação com o Estado, interferindo na eficácia dos planos. Quando na verdade, segundo Ladwig e Schwalm (2012), deveriam ter sido estabelecidas metas a serem alcançadas, de maneira a reconhecer os pontos críticos, as oportunidades e as ameaças do ambiente pesquisado, e, por consequência, resultando na determinação do caminho seguro a ser seguido para resolver os conflitos.

Rosa (s.d) também ressalta que o uso e ocupação do solo urbano, por muitas vezes são definidos com vistas a favorecer interesses econômicos, enquanto a degradação do meio ambiente e os fatores de risco não são

questões prioritárias. O autor é ainda mais crítico, e indica que em Criciúma, seria pertinente refazer o zoneamento ambiental.

Durante sua análise dos planos diretores do Município, Porto (2008) discorre que tiveram uma tendência em afastar o comprometimento do Estado, das propostas que visavam o bem coletivo, e, por conseguinte, favorecer o comprometimento de interesses individuais.

Assim, os planos desde 1957 até 2012, refletiram a apresentação de propostas à sociedade, sem qualquer obrigação legal de execução, com ideias que favoreciam o interesse individual, ao mesmo tempo em que, apresentavam um discurso com objetivos utópicos.

Ainda assim, o Plano de 1957 é considerado um marco na história da legislação municipal, haja vista que, foi a primeira conquista no âmbito de planejamento urbano. O plano, assim como o de 1973 propôs melhorias de infraestrutura, como a inclusão de avenidas, e a criação de espaços públicos, devido à carência desse tipo de equipamento (PORTO, 2008). No entanto, é imprescindível destacar a ausência de medidas relacionadas às questões ambientais, fundamentais em um planejamento urbano.

Foi a partir do Plano Urbanístico da Cidade, em 1957, onde não se restringiu a realização de construções e edificações sobre o rio Criciúma, no centro do Município, que a ocupação sobre o rio se efetivou. Este Plano veio a gerar três graves problemas, que refletem até a atualidade, destacados por Preis (2012): a falta de áreas públicas e áreas verdes; a dificuldade de mobilidade urbana; e, a necessidade da construção de um canal auxiliar de drenagem para minimizar os alagamentos recorrentes no centro.

Como foi considerado o primeiro Plano Diretor Municipal, os resultados da implantação do Plano de 1973, possibilitaram a identificação dos problemas urbanos do Município, para fins de melhoria na elaboração do Plano de 84.

Por sua vez, o Plano de 1984 foi concebido no período de redemocratização do País, por isso apresentou uma nova forma de planejar. As mudanças ocorreram, principalmente, devido à evolução nos levantamentos, estudos, e diagnósticos técnicos para o conhecimento da realidade (CRICIÚMA, 1984).

Todavia, foi com a aplicação do Plano de 1999, que os problemas da sociedade ficaram ainda mais claros, pois proporcionou ainda mais abertura ao mercado imobiliário. Porém, em contrapartida, iniciou a implantação da política urbana local (PORTO, 2008).

No entanto, foi só a partir da Lei Federal nº 10.257, de 2001, que o planejamento urbano de forma participativa passou a ser normatizado pelo Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

Mesmo após tantos anos, hoje ainda prevalece o atendimento aos interesses de uma classe dominante, o que resulta em mais um plano que propõe diretrizes diferentes da realidade urbana da cidade, ainda que, o Plano de 2012 tenha disposto de longas e calorosas discussões, até sua aceitação final. Mas esse problema não é exclusividade de Criciúma. Segundo Villaça, “[...] o planejamento urbano no Brasil tem sido fundamentalmente discurso, cumprindo missão ideológica de ocultar os problemas das maiorias urbanas.” (2001, apud PORTO, 2008, p. 220).

Nota-se que nos processos que envolveram a elaboração dos planos, não se priorizou a participação popular. Por outro lado, durante a elaboração do atual Plano, aprovado em dezembro de 2012, pode-se perceber maior participação política e interesses assumidos (CRICIÚMA, 2012). O que caracteriza a utilização dos instrumentos da gestão, concebidos no Estatuto da Cidade, e a iniciativa do setor de planejamento urbano do Município, que teve por intuito acatar a imposição do Governo Federal.

De acordo com Porto (2008, p. 220),

está-se apostando no Estatuto da Cidade como forma de operacionalizar a proposta dos planos com uma série de instrumentos de combate à especulação imobiliária, à supervalorização da terra, à má distribuição dos investimentos e à infra-estrutura, em direção à consecução do bem estar social pleno.

Em Criciúma, os técnicos da própria prefeitura conduziram o processo participativo, durante a elaboração do Plano de 2012, e, além disso, assumiram a função mediadora dos conflitos sociais e políticos. Por isso, o técnico dispõe do desafio de conciliar conhecimentos técnicos com políticos, sem favorecer interesses, de forma imparcial, a fim de proporcionar uma cidade com bom desenvolvimento urbano para todos. Além disso, também a própria

Lei Complementar nº 095 de 2012, que institui o Plano Diretor Participativo de Criciúma, em seu artigo 9º, ressalta que deve ser resguardado o interesse da coletividade sobre o particular, apesar de não ter sido o que aconteceu.

O processo participativo foi priorizado na elaboração deste Plano, pois, conforme Ladwig e Schwalm (2012) explicam, permite maior interação interdisciplinar e multissetorial, de modo a proporcionar o surgimento de soluções criativas e mais ajustadas à realidade da cidade. Ou seja, a metodologia participativa une a interação acadêmica com a intenção e vontade de mudança, a partir de objetivos, que visem o progresso do conhecimento e a resolução dos conflitos. Todavia, no caso de Criciúma, o processo participativo foi utilizado durante a elaboração do plano apenas como discurso, para que se chegasse ao resultado já pré-determinado por uma minoria, que domina o capital do Município.

O geógrafo Eduardo Preis (2012) produziu um quadro que vem ao encontro do tema, constando um resumo do histórico de planejamento urbano do Município de Criciúma, adaptado conforme o quadro 01.

Quadro 01 – Síntese dos processos de planejamento urbano de Criciúma, SC.

Plano	Prefeito	Lei nº	Conteúdo	Problemas
1953 a 1957	Paulo Preis (PSD) Addo Caldas Faraco (PSD)	208/57	Plano Urbanístico com foco no sistema viário e definição dos perímetros urbanos	Focado na área central, não definiu usos e foi “revisado” por agentes econômicos
1972 a 1973	Nelson Alexandrino (MDB) Algemiro Manique Barreto (Arena)	947, 948, 949, 950/73 e 1193/75	Plano Modernista composto por Leis de Zoneamento, Loteamentos, Conj. Habitacionais, Código de Obras e Posturas	Chegou na Câmara no fim do mandato, necessita de apoio técnico para avaliação e sofre alterações
1983 a 1984	Altair Guidi (Arena) José Augusto Hülse (PMDB)	2038, 2039 e 2040/84	Macrozonas e detalhamento do zoneamento	Participação de técnicos que resultaram no zoneamento que expressa os interesses imobiliários
1992 a 1999	Eduardo Moreira (PMDB) Paulo Meller (PMDB)	3900, 3901 e 2847/1999	Zoneamento, Parcelamento e Código de obras	Altamente permissivo em seus índices, sem discussão nem envolvimento social
2000 a 2012	Décio Góes (PT) Anderlei Antonelli (PMDB) Clésio Salvaro (PSDB)	95/2012	Dispôs de um Núcleo Gestor, debates populares, e processos participativos	Demora para a produção do plano, foi desvirtuado por interesses do setor imobiliário

Fonte: Adaptado de Preis, 2012.

3.3 GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Segundo Ladwig e Schwalm (2012), a inovação tecnológica e a disponibilidade de avanços eletrônicos e computacionais, empregados na determinação de pontos sobre a superfície terrestre, fizeram do geoprocessamento uma ferramenta fundamental para a gestão territorial.

Os planejadores devem estudar e prever os impactos das propostas do plano diretor que se propõe, a fim de evitar decisões que venham a prejudicar o desenvolvimento e qualidade da infraestrutura de um município.

No entanto, estes não dispõem da decisão final, que cabe aos gestores públicos.

Além disso, os planejadores devem trabalhar com o desenho urbano e o projeto da cidade, visando determinar o melhor ordenamento físico para a mesma. Para isso, existem ferramentas que podem auxiliar no processo, como é o caso do emprego do geoprocessamento. A necessidade da implantação de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) acontece, tendo em vista o acelerado crescimento das áreas urbanas (CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL, s.d).

Por consistirem em ferramentas para gerenciamento e edição de dados espaciais, os SIGs facilitam a compilação e exposição, de modo a subsidiarem o procedimento de análise dos dados em um planejamento urbano.

Para a utilização em um planejamento urbano, criam-se mapas temáticos, que são aqueles que dispõem de atributos caracterizados e distribuídos em unidades espaciais, como, por exemplo, a densidade populacional em um bairro. Além disso, é importante que se crie uma política de gerenciamento, de modo que, o banco de dados do mapa seja atualizado periodicamente, uma vez que o ambiente urbano é dinâmico e passa por mudanças com frequência. Por isso, é fundamental que os profissionais envolvidos no estudo, tenham uma visão holística do ambiente urbano, devendo ser a equipe composta por profissionais de diversas áreas, de modo a promover a multidisciplinaridade e incluir a participação da sociedade no processo (CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL, s.d).

Entende-se por geoprocessamento o “[...] conjunto de técnicas, procedimentos e conceitos relacionados à representação computacional do espaço geográfico.” (SATC, s.d, p. 1). Utilizam-se sistemas computacionais com o intuito de operacionalizar as técnicas de geoprocessamento. Ademais, esses sistemas estão relacionados às tecnologias de mapeamento, e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Ainda, Fitz (2008) completa afirmando que o geoprocessamento consiste em uma técnica que utiliza os SIGs para a realização de levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas, com o intuito de subsidiar processos de planejamento, manejo e gerenciamento.

Dessa forma, o geoprocessamento se constitui de uma base de dados, que dispõe de informações de uma área definida, referenciadas no espaço. Além disso, envolve “[...] procedimentos e técnicas para aquisição, atualização, processamento, gerenciamento, análise, exibição e distribuição sistemática de dados espaciais.” (SATC, s.d, p. 1). Por isso, Fitz (2008) ressalta que o geoprocessamento tornou-se uma ferramenta indispensável aos estudos geográficos.

O geoprocessamento engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e SIGs, como ferramentas e fontes essenciais de dados, a serem utilizados para o planejamento da ocupação urbana de uma cidade (MOURA, 2005). Dessa forma, os objetivos essenciais do geoprocessamento, consistem em produzir informação espacial e desenvolver tecnologias em bancos de dados e SIGs (INPE, s.d).

Segundo Gemael (1976 apud LOCH, 2006), os levantamentos da superfície terrestre podem ser realizados por meio da geodésia, fotogrametria, sensoriamento remoto e topografia.

Conforme destaca Loch (2006), os problemas socioeconômicos atuais precisam ser tratados de forma interdisciplinar, envolvendo as mais diversas áreas de conhecimento, e é nesse nicho que se encaixa o geoprocessamento. Através das ferramentas proporcionadas pelo geoprocessamento, é possível realizar análises espaciais por meio da criação de mapas temáticos, que podem interagir entre si, a fim de facilitar a tomada de decisões quanto ao planejamento de uma cidade, por exemplo, e explicitar os locais mais carentes de cuidados e com maiores riscos atribuídos, aos quais, deve-se dispor de maior atenção. O produto do geoprocessamento, os mapas, possibilita “[...] a observação das conexões, relações e padrões dos objetos geográficos [...]” (LOCH, 2006, p. 96). A este tipo de análise, dá-se o nome de método cartográfico, que consiste no uso de mapas para a descrição, análise e investigação da natureza de fenômenos espaciais.

Ladwig e Schwalm (2012) completam dizendo que, com o avanço tecnológico dos computadores pessoais e dos SIGs, ferramentas como o sensoriamento remoto, a fotogrametria e a cartografia, passaram a assumir papel preponderante na gestão e planejamento urbano, rural e ambiental.

3.3.1 Sensoriamento Remoto

Entende-se por sensoriamento remoto a “técnica que utiliza sensores para a captação e registro a distância, sem o contato direto, da energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre.” (FITZ, 2008, p. 109). Ao encontro, tem-se a descrição de Joly (2003, p.66), que relata o sensoriamento remoto como um “[...] conjunto das técnicas de observação e de registro à distância das características da superfície terrestre.”. O método é bastante eficiente, e é empregado para complementação e confecção de mapas.

Dessa forma, com a utilização de sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves entre outros, promove-se o estudo do ambiente terrestre. Por sua vez, esse estudo se dá por meio de registros e análises das interações, entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem o planeta (IBGE, 1999).

A vantagem é que o sensoriamento remoto permite, através da utilização de fotografias aéreas e de imagens de satélite, que o produtor do mapa disponha de um documento bastante exaustivo, sobre a região a qual se pretende estudar, sem a necessidade de realizar inúmeras visitas ao campo, para coleta de dados. Ou seja, quando se trata de áreas extensas, ou de difícil acesso, o sensoriamento remoto proporciona reconhecimento rápido, que subsidia a pesquisas mais aprofundadas de campo (JOLY, 2003).

Primeiramente, Joly (2003) destaca que, é imprescindível a realização de uma fotoidentificação, de modo a selecionar na imagem, os detalhes relevantes ao estudo, como a identificação de formas e objetos. Quando isso não for possível, devido à qualidade da imagem, escala, ou tamanho dos objetos, recorre-se a dados indiretos, como aqueles passíveis de serem obtidos pelo contraste de tonalidades. É o que se chama de fotointerpretação, que destaca a importância relativa de cada componente, sua significação no conjunto e suas correlações.

De acordo com Rosa e Brito (1996), recorre-se ao uso de sensoriamento remoto, por a técnica permitir a obtenção de dados, sem que haja a necessidade de despender excessivo tempo e dinheiro, para a coleta de informações no campo.

No âmbito do planejamento urbano, tem-se que, para uma cidade ser estruturada de maneira socialmente justa e ambientalmente adequada, é indispensável que ocorra o entendimento de processos naturais de planejamento ambiental e de projeto urbano. É nesse contexto que o sensoriamento remoto, associado a outras ferramentas, auxilia os gestores nas tomadas de decisão.

3.3.2 Cartografia

Conforme Bakker (1995 apud ROSA; BRITO, 1996, p.25), a cartografia “[...] é a arte de expressar (representar), por meio de mapas e cartas, o conhecimento da superfície terrestre”. Ainda, Bakker (1965, p. 1 apud DUARTE, 1991, p. 14) relata que, a “Cartografia é a ciência e a arte de expressar graficamente, por meio de mapas e cartas, o conhecimento humano da superfície da Terra.”.

O objetivo da cartografia está em representar a superfície terrestre, de forma gráfica e bidimensional, ou seja, por meio de um mapa, carta ou planta (LOCH, 2006).

Atualmente, sabe-se que a cartografia se tornou uma ferramenta indispensável para os estudos geográficos.

A produção de um mapa exige, no primeiro momento, a coleta da documentação e de dados indispensáveis sobre a cobertura da área de estudo determinada. Joly (2003) destaca que, a etapa seguinte deve consistir no levantamento de campo e tratamento estatístico, cartográfico e iconográfico dos dados em escritório. Para isso, o técnico que elabora o mapa necessita dispor de conhecimento aprofundado sobre o assunto, já que deve observar, identificar, localizar e analisar os dados, a fim de, não apenas redigir um texto, e sim, atribuir sinais e símbolos a uma base representativa da área estudada (JOLY, 2003).

A partir da década de 1960, a cartografia assessorada por computadores surgiu como forma de auxiliar a automação dos desenhos de mapas. Esta pode ser empregada por meio de dois tipos de sistemas, um onde o objetivo principal é produzir um banco de dados, cujos registros cartográficos

são um produto, dentre muitos outros, e outro, que segue o intuito prioritário de produção de mapas (JOLY, 2003).

Para a produção de cartas e representação da superfície terrestre, existem cerca de quatro problemas básicos a ser enfrentados, são eles: o tamanho da Terra (escala); a forma da Terra (projeção); a informação a ser representada (tema), e, a localização da informação (coordenadas) (ROSA; BRITO, 1996).

Para que se disponha da mais adequada interpretação de mapas, exige-se o conhecimento de conceitos cartográficos básicos. Então, é prudente que, antes de aprofundar o estudo relacionado à cartografia, destaque-se o significado de alguns termos, bastante utilizados quando se trata do tema. Por isso, seguem os conceitos.

De acordo com Miranda (2005), a Escala é a relação constante existente entre as distâncias lineares medidas sobre o mapa ou carta, e as distâncias lineares correspondentes, ou seja, aquelas reais medidas sobre o terreno. Pode ser representada de forma numérica, gráfica ou nominal.

Já Joly (2003) diz que a escala numérica é expressa por uma fração matemática, cujo numerador simboliza a medida do mapa ou carta, enquanto o denominador expressa a medida correspondente no terreno, utilizando-se da mesma unidade. Dessa forma, em uma carta, onde se tem a escala de 1:50.000 (um para cinquenta mil), significa que, 1 milímetro medido na carta, representa 50.000 milímetros no terreno, ou seja, cada centímetro da carta equivale a 500 metros no terreno.

Por outro lado, Joly (2003) relata que a escala gráfica é um ábaco, constituído por uma linha ou barra graduada, e dividida em partes iguais, onde cada uma das partes representa a unidade de comprimento escolhida para o terreno ou um dos seus múltiplos. Conforme Fitz (2008, p. 20), a essas subdivisões é dado o nome de talões, e “Cada talão apresenta a relação de seu comprimento com o valor correspondente no terreno, indicado sob a forma numérica, na sua parte inferior. O talão, preferencialmente, deve ser expresso por um valor inteiro.”. Por último, a escala nominal é aquela apresentada por extenso, com um sinal de igualdade entre o valor expresso no mapa e sua correspondência no terreno, por exemplo, 1 cm = 10 km (um centímetro corresponde a dez quilômetros) (FITZ, 2008).

Conforme a Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN, s.d, p. 15), entende-se por Mapa “[...] a representação do globo terrestre, ou de trechos da sua superfície, sobre um plano, indicando fronteiras políticas, características físicas, localização de cidades e outras informações geográficas, sócio-políticas ou econômicas.”. Além disso, geralmente, os mapas servem para fins ilustrativos, já que exibem informações através de cores e/ou símbolos. Loch (2006) completa o conceito, dizendo que os mapas representam aspectos físicos naturais ou artificiais, bem como, aspectos abstratos da superfície terrestre, e seu uso se destina a fins culturais, ilustrativos, e para análises qualitativas e quantitativas genéricas, por isso, são normalmente concebidos em pequenas escalas.

A Carta, apesar de também ser uma representação da superfície terrestre sobre um plano, difere-se do mapa, pois é produzida para ser utilizada em uma atividade técnica, ou seja, além de ser empregada para consultas, serve ainda para resolução de problemas gráficos, como de ângulos e distâncias, e na determinação da posição através de coordenadas geográficas. Dessa forma, as cartas possibilitam realizar medições precisas de distâncias e direções (BHMN, s.d). Ainda, segundo Loch (2006), as cartas são destinadas para usos práticos, permitindo a análise precisa de distâncias, direções e localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. As cartas, por sua vez, costumam ser expressas em escalas médias e grandes.

A Planta, conforme relata Loch (2006), é uma representação em escala muito grande, de áreas pequenas, onde a curvatura da Terra pode ser desconsiderada, permitindo que sejam expressas sem erro sensível às superfícies planas. No caso das plantas, a escala é preservada em qualquer ponto e direção, já que a projeção é ortogonal, o que não ocorre no caso dos mapas e cartas.

O termo Ortofoto é utilizado para imagens que já foram retificadas, e por isso, são isentas de distorções geométricas de posição, inclinação ou relevo. Conforme Andrade (1998 apud SILVA JR, 2004), a ortofoto é uma imagem que foi submetida à projeção cartográfica e, por definição, não possui inclinação. Corroborando à ideia, Silva Jr (2004) acrescenta relatando que os tratamentos dados a essas imagens podem fazer uso dos recursos disponíveis,

inclusive por meio digital, que é o chamado Processamento Digital de Imagens (PDI).

Para proporcionar qualidade à ortofoto, faz-se a modelagem do terreno, de maneira a representar as formas o mais próximo da realidade, dando origem ao chamado Modelo Digital de Terreno (MDT).

Segundo Joly (2003, p. 41), “A *geodésia* é a ciência que tem por objeto a determinação da forma e das dimensões da Terra.”. Além disso, a geodésia tem o intuito de identificar e determinar as características geométricas do Globo.

A Localização trata da posição no espaço bidimensional ou tridimensional, através de coordenadas. Já os Atributos, são as qualidades, magnitudes ou variáveis temáticas dos mapas, como temperatura, clima, tipo de solo, entre outros (LOCH, 2006).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1999), a Latitude é expressa em coordenadas geográficas, que variam no sentido norte e sul, e, trata-se do arco contado sobre o meridiano do lugar, e vai da Linha do Equador até o lugar estudado. Ainda, de acordo com Fitz (2008), pode ser compreendida como a distância angular entre o plano do Equador, e um ponto qualquer na superfície da Terra, unido perpendicularmente ao centro do Globo. Quando medida no sentido do polo Norte, tem valores positivos, do contrário, quando medida no sentido Sul, possui valores negativos. A latitude varia de -90° a $+90^\circ$ (IBGE, 1999).

Por outro lado, a Longitude é o arco contado sobre a Linha do Equador, e vai do meridiano de *Greenwich* até o meridiano do local de estudo (IBGE, 1999). Fitz (2008) conclui dizendo que a longitude é o próprio ângulo formado entre o ponto de interesse e o meridiano de *Greenwich*. A longitude, diferentemente da latitude, varia no sentido leste e oeste, sendo atribuídos valores positivos quando a leste de *Greenwich*, e negativos quando a oeste. Os valores, expressos em graus, variam entre -180° e $+180^\circ$ (IBGE, 1999).

Chama-se de Coordenada Geográfica, os valores de latitude e longitude, de um ponto qualquer, localizado sobre a superfície da Terra (DUARTE, 2006).

3.3.2.1 Sistemas de Projeção Cartográfica

De acordo com Oliveira (1983, p. 539 apud DUARTE, 2006, p. 85), projeção cartográfica é o “Traçado sistemático de linhas numa superfície plana, destinado à representação de paralelos de latitude e meridianos de longitude da Terra ou de parte dela. Pode ser construído mediante cálculo analítico, ou traçado geometricamente.”.

A projeção cartográfica compõe a base para a elaboração de um mapa. Por isso, na construção de um mapa, é necessário optar por um sistema de projeção cartográfica, que consiste em um método de representação da superfície de uma esfera, sobre uma superfície plana (BHMN, s.d). Cada variação de sistema dispõe de características distintas, que melhor se adéquam a usos específicos, por isso, a escolha deve considerar o propósito pretendido do mapa.

Como os sistemas de coordenadas tem por finalidade representar a posição de pontos sobre uma superfície, devem ser escolhidos conforme a superfície de projeção. Assim,

Para o elipsóide, ou esfera, usualmente empregamos um sistema de coordenadas cartesiano e curvilíneo (PARALELOS e MERIDIANOS). Para o plano, um sistema de coordenadas cartesianas X e Y é usualmente aplicável (IBGE, 1999, p. 29).

Já que a superfície da Terra não é plana, para que uma carta apresente propriedades ideais, atribui-se um sistema de coordenadas que satisfaça os interesses, ressaltando que todo o sistema possui limitações, por isso a importância de se optar por aquele que apresente deformações que podem ser admitidas, conforme a finalidade pretendida do mapa (BHMN, s.d), afinal, conforme Ladwig e Schwalm (2012), o objetivo da geodésia é justamente a determinação da forma e dimensões da Terra, considerando as irregularidades presentes da superfície do Planeta.

O sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) surgiu em 1947, como forma de determinar as coordenadas retangulares nos mapas militares. Está baseado na divisão da Terra em latitudes e longitudes, de maneira que todo o quadriculado seja apoiado no meridiano de central de cada fuso. Desse

modo, as divisões se dão em sessenta fusos de seis graus de longitude, onde o início é considerado o antimeridiano de *Greenwich*, contando de oeste para leste. Já a latitude, por sua vez, é dividida em zonas de quatro graus, onde os paralelos-limites são os de 80° sul e 84° norte (DUARTE, 2006).

O sistema UTM surgiu de uma modificação da projeção transversa de Mercator. Foi proposto por Gauss, e posteriormente, reestruturado por Krüger, com a adição do sistema de fusos. Segundo Loch (2006, p. 87), “Nesse sistema, os pontos supostos sobre o elipsóide são projetados para um cilindro posicionado transversalmente em relação ao eixo de rotação terrestre.”.

Ainda, de acordo com o BHMN (s.d), trata-se de uma projeção cilíndrica transversa e ortomorfa, ou seja, quando o cilindro é tangente à superfície da Terra, ao longo de um meridiano.

No ano de 1951, a Associação Geodésica e Geofísica Internacional (AGGI), recomendou a utilização da projeção UTM para todos os países (GEMAEL, 1976 apud LOCH, 2006). De acordo com Joly (2003), o UTM é adotado em inúmeros países, e bastante adequado para uso em mapas que retratem a região entre os paralelos 80° norte e sul. Por isso, quatro anos mais tarde, em 1955, o Brasil, através da diretoria do Serviço Geográfico do Exército, adotou o uso do sistema UTM. Dessa forma, o País dispõe de oito fusos: 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25 (LOCH, 2006).

Conforme o IBGE (s.d), um sistema geodésico de referência é um sistema coordenado, empregado para representar características geométricas e físicas, que tem por finalidade possibilitar a representação e localização, em mapa, planta ou carta, de qualquer elemento da superfície terrestre, através de coordenadas.

Até o ano de 1978, a referência geodésica brasileira era o elipsóide de Hayford. Porém, a partir de 1979, o País adotou oficialmente o elipsóide UGGI 67 (União Geodésica e Geofísica Internacional de 1967), conhecido como o sistema geodésico *SAD69* (*South American Datum* 1969) (LOCH, 2006).

Segundo Fitz (2008), hoje o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído de redes altimétricas, gravimétricas e planimétricas. Não obstante, o IBGE (2005), por meio da Resolução nº 001, estabelece que o sistema geodésico de referência de posicionamento, em território nacional é o Sistema

de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), sendo que a referência das coordenadas foram obtidas no ano 2000, comumente chamado de SIRGAS2000. Esse sistema reconhece a Terra como um elipsóide, e tem origem em seu centro de massa. O País dispõe de vinte e uma estações, que constituem a estrutura de referência do sistema SIRGAS2000 (IBGE, 2005).

Todavia, além do SIRGAS2000, o SAD69 também é um sistema geodésico de referência com respaldo legal, ainda em uso no Brasil, e há outros sistemas utilizados, porém, estes com uso não assegurado em Lei. De acordo com o IBGE (s.d), atualmente, vive-se um período de transição, que teve início em 2005, a partir da Resolução acima mencionada, e se encerra em 2014. A partir de então, apenas o SIRGAS2000 poderá ser utilizado no País, já que, é a nova base para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Isso porque, o País necessita de um sistema único, de forma a facilitar a compatibilização das informações geográficas.

A coexistência de sistemas tende a dificultar a análise de dados geográficos, já que os sistemas não são compatíveis entre si, portanto, não podem ser adicionadas feições a um mapa, em sistemas de coordenadas distintos. Conforme consta, o IBGE (s.d) relata a existência de um deslocamento espacial entre os sistemas SIRGAS2000 e SAD69, que equivale a uma distância média de sessenta e cinco metros para um mesmo ponto.

A orientação do SIRGAS2000 é geocêntrica, ou seja, significa que o sistema adota um referencial, que é um ponto calculado computacionalmente, localizado no centro da terra. Com a adoção de um referencial geocêntrico, pode-se utilizar de forma direta a tecnologia de Sistema Global de Posicionamento (GPS). Além disso, o sistema também dispõe da vantagem, de proporcionar maior precisão no mapeamento e demarcação das fronteiras do País. Ainda, há que se considerar o benefício, atribuído ao fato de toda a América Latina também ter adotado o uso do SIRGAS2000, o que facilita a troca de informações entre os países (IBGE, s.d).

3.3.2.2 Estruturas de Representação de Dados Espaciais

A forma de representação dos dados varia conforme sua estrutura, e há dois tipos básicos de arquivos utilizados em mapas em meio digital: matricial e vetorial.

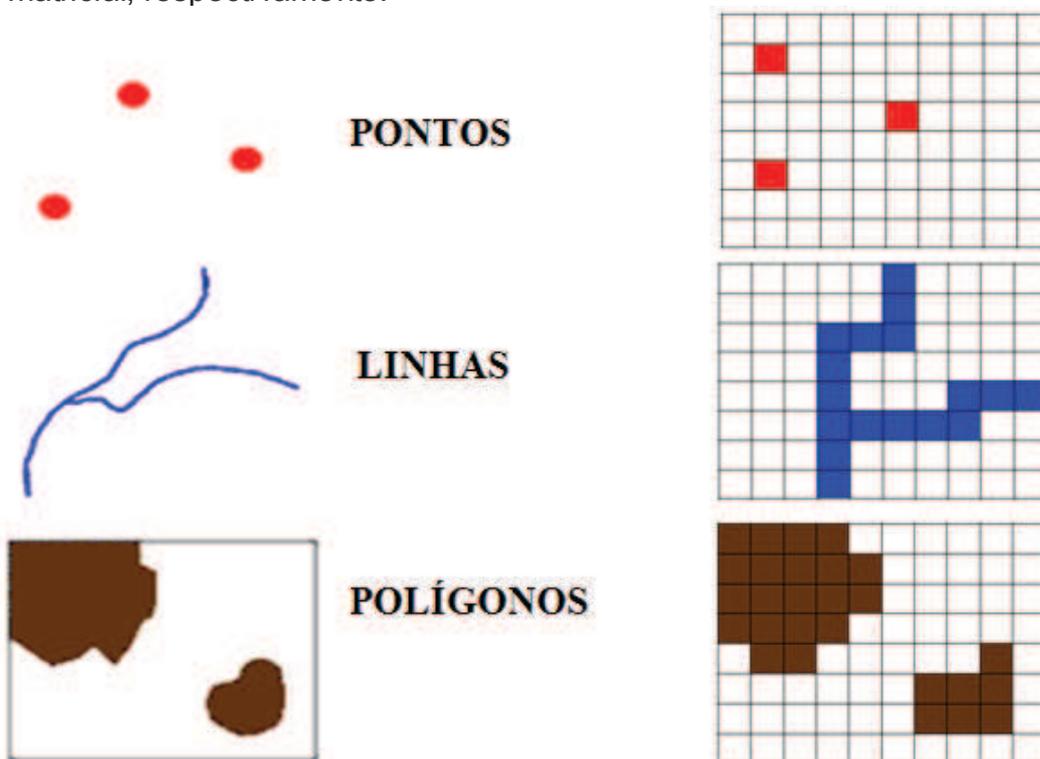
Os dados matriciais são aqueles resultantes de uma malha quadriculada regular, sobre a qual se constrói a cada célula, o elemento que se deseja representar, atribuindo-se um código referente à característica analisada, de modo a possibilitar ao computador, identificar a que elemento ou objeto pertence cada uma das células (CÂMARA; MEDEIROS, 1996). O geógrafo Fitz (2008) completa afirmando que, os dados matriciais são apresentados através de uma matriz, com linhas e colunas. Ademais, em cada célula, também chamada de *pixel*, incorre um valor que indica alguma variável, como uma cor ou tom. A resolução das imagens está diretamente ligada com a melhor ou pior qualidade de sua estrutura, ou seja, está relacionada à quantidade de *pixels* que a forma. Portanto, para que se disponha de alta resolução, necessita-se de extensa capacidade de memória, para armazenar a grande quantidade de *pixels* (FITZ, 2008).

As representações matriciais, também chamadas de *raster*, são imagens aéreas, orbitais, ou aerofotogramétricas (fotografias aéreas e ortofotos) (NERIS, 2011). As operações analíticas são solucionadas com maior facilidade neste formato de arquivo, porém a dificuldade resulta da deficiência em transformar projeções cartográficas de arquivos *raster* (LOCH, 2006).

Já os dados vetoriais, ou *shapes*, consistem na representação de um elemento ou objeto, de forma a tentar reproduzi-lo mais próximo possível da realidade. Assim, todo o elemento gráfico de um mapa é classificado em três formas principais, que são pontos, linhas ou polígonos (CÂMARA; MEDEIROS, 1996). Além disso, Fitz (2008) corrobora dizendo que cada um desses elementos, acima citados, pode dispor de uma estrutura associada, de modo a relacionar a entidade com um atributo digital ou um banco de dados. Segundo Loch (2006, p. 66), o "Os mapas originados em formato vetorial são obtidos por restituição fotogramétrica ou vetorização de mapas analógicos ou ainda por vetorização automática de mapas no formato *raster* [...]".

A figura 03 representa um comparativo entre os tipos de representação vetorial e matricial.

Figura 03 – Comparação entre as representações gráficas, vetorial e matricial, respectivamente.



Fonte: Adaptado de Gis Primer, s.d.

Os dados que compõem os mapas temáticos, aceitam ambos os tipos de representação, podendo ser tanto matricial, quanto vetorial. De acordo com Câmara e Medeiros (1996), quando se almeja maior precisão, é mais indicado utilizar a representação vetorial. Do contrário, para a elaboração de mapas que necessitem de operações de álgebra, estas são mais facilmente realizadas pelo formato matricial. Cabe ressaltar que este tipo de representação requer maior espaço para armazenamento de dados.

O quadro 02 expõe um comparativo de vantagens e desvantagens entre dados matriciais e vetoriais, na utilização para mapas temáticos. A comparação considera os relacionamentos espaciais, análise e armazenamento. Para isso, destacou-se o formato mais vantajoso para cada situação.

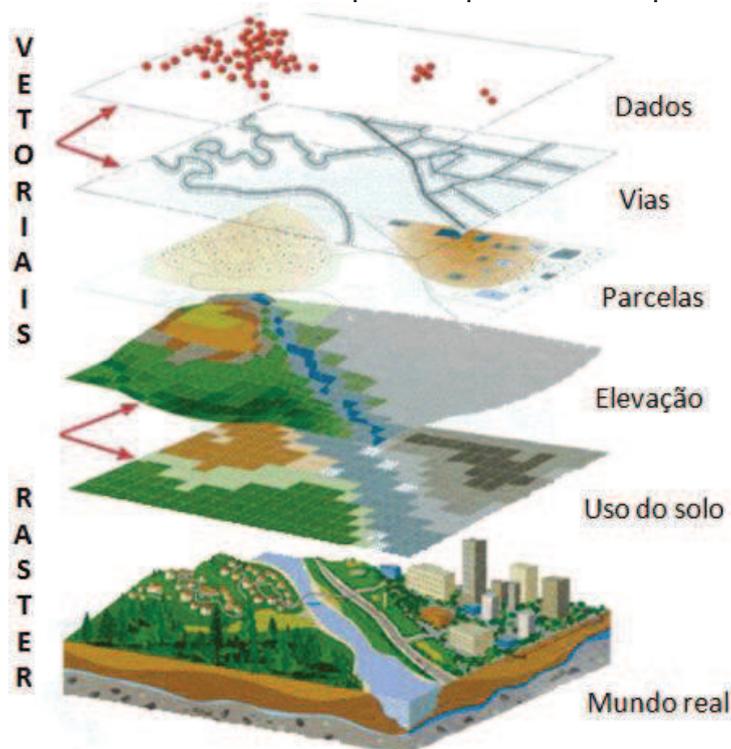
Quadro 02 – Comparação entre as representações matricial e vetorial, para fins de elaboração de mapas temáticos.

Aspecto	Representação Matricial	Representação Vetorial
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis
Ligação com banco de dados	Associa atributos apenas a classes do mapa	Facilita associar atributos a elementos gráficos
Análise, simulação e modelagem	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço	Representação indireta de fenômenos contínuos
	Simulação e modelagem mais fáceis	Álgebra de mapas é limitada
Escalas de trabalho	Mais adequada para pequenas escala (1:25.000 e menores)	Adequada tanto a grandes quanto a pequenas escalas
Forma de representação	<i>Raster (pixels)</i>	<i>Shapes (camadas)</i>
Algoritmos	Processamento mais rápido e eficiente	Problemas com erros geométricos
Armazenamento	Por matrizes	Por coordenadas
Sistema de Coordenadas	Dificuldade de conversão	Fácil conversão
Tamanho do arquivo	Muito grande	Pequeno

Fonte: Adaptado de Câmara; Medeiros, 1996 e Loch, 2006.

De acordo com Fitz (2008), para o mapeamento de uma área, utilizam-se dados matriciais e vetoriais, que compõem camadas, também chamadas de *layers*. As camadas, por sua vez, permitem melhor manipulação dos dados, de forma a adicionar à plotagem do mapa, apenas aquelas que forem de interesse ao estudo, já que, conforme Loch (2006), as camadas podem ser ativadas de forma independente e hierárquica. A figura 04 representa a relação existente entre as camadas de um mapa.

Figura 04 – Relação entre dados vetoriais e matriciais e as camadas que compõem um mapa.



Fonte: Adaptado de Terc, 2011.

3.3.3 Cartografia Temática

A cartografia temática caracteriza-se pelos mapas que abordam assuntos distintos, que vão além da básica representação do terreno. Os assuntos tratados em cartografia temática são analíticos e explicativos, podendo compor mapas históricos, políticos, culturais, econômicos, técnicos, entre outros (JOLY, 2003). Loch (2006) completa relatando que, os mapas temáticos apresentam variadas aparências, e conforme o aspecto, identifica-se o uso pretendido.

Conforme IBGE (1999), a cartografia temática é composta por cartas, mapas ou plantas, destinados a temas específicos, bastante utilizados em estudos relativos a estruturas territoriais, bem como, ambientais.

Já Ladwid e Schwalm (2012) expressam que, o intuito dos mapas temáticos está em fornecer informações referentes a determinado tema ou fenômeno, que age dentro dos limites da área de estudo.

Dentre os mapas temáticos, destaca-se aquele utilizado para o planejamento físico do território, que embasa processos de desenvolvimento e

apresentam propostas futuras, como os mapas utilizados na elaboração de planos diretores.

Para a produção de cartas temáticas, faz-se uso de bases cartográficas pré-existentes, como fonte de dados, para redesenhar rios, estradas ou limites municipais, por exemplo, sobre um mapa de fundo. Ou seja, as bases cartográficas servem de referência de localização para os dados temáticos serem mapeados (LOCH, 2006).

Quando se pretende produzir um mapa temático, é fundamental que seja definida a base cartográfica necessária, bem como, os dados e o formato de apresentação deles, conforme a finalidade do projeto. Em mapas temáticos, existem elementos gráficos básicos para representação, são eles: pontos, linhas e áreas. Além disso, a edição gráfica final, com escolha das cores e tonalidades mais adequadas, conforme a hierarquia visual, é imprescindível para proporcionar o correto entendimento do mapa ao leitor (MIRANDA, 2005).

Os mapas temáticos devem apresentar os dados de maneira clara, objetiva e precisa. Para isso, cada característica deve ser expressa por uma simbologia distinta. Ao representar informações quantitativas, o formato dos símbolos deve diferir. Já para informações qualitativas, a diferenciação deve ser feita pelas mudanças de tonalidade da cor, ou de tamanho dos símbolos (FITZ, 2008). É imprescindível a exibição de legenda em mapas temáticos, de forma a esclarecer as informações nele contidas.

De acordo com Loch (2006), os mapas temáticos são divididos em duas categorias: os qualitativos e os quantitativos. Os qualitativos são aqueles que representam a distribuição espacial ou localização de algum fenômeno geográfico. Já os quantitativos, mostram as características espaciais de dados numéricos.

3.3.4 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Nas últimas décadas, foram incorporadas tecnologias à cartografia convencional. Esta aplicação tem produzido resultados tão bons que, atualmente, não se faz mais produção de mapas sem a utilização do computador como auxílio de algum processo. A esse processo, de confecção

de mapas em meio digital e plotagem, dá-se o nome de Cartografia Automática ou Cartografia Digital (FITZ, 2008).

Então, devido aos avanços tecnológicos, houve o surgimento de *hardwares* e *softwares* especializados para a geração de mapas, principalmente os sistemas *Computer Aided Desing (CAD)* e *Geographic Information System (GIS)*, que permitem desenhar em meio digital (FITZ, 2008).

Os SIGs podem envolver o desenvolvimento de estruturas para representação de dados espaciais, algoritmos para extrair informações relevantes a partir do banco de dados e gerenciar grande volume de dados espaciais. Além disso, é possível desenvolver novas ferramentas de *software*, a fim de serem utilizadas para tratamento dos dados (INPE, s.d).

De acordo com Loch (2006), um SIG consiste no conjunto de funções de estocagem, criação, manipulação e visualização de diversos dados espaciais, que podem ser representados por pontos, linhas ou polígonos. Com o avanço da tecnologia, os SIGs incorporaram as ferramentas *CAD*, possibilitando que cada camada, ou *layer*, apresente um conjunto distinto de dados. Através do SIG, os dados mapeados podem ser consultados, editados e visualizados separadamente ou em conjunto, conforme a necessidade (LOCH, 2006). Já Moura (2005), reporta ao SIG como um instrumento eletrônico para coleta, gestão, análise e representação automatizada de dados georreferenciados.

Pedrosa (2003) vem ao encontro disso, relatando que, além de a ciência da informação geográfica utilizar intensamente de ferramentas tecnológicas, também impulsiona o desenvolvimento de novas formas para tratar a natureza complexa dos dados e fenômenos espaciais.

Logo, a vantagem do SIG, se comparado com outros sistemas de informação, é que ele permite a realização de análises espaciais, uma vez que, utiliza os atributos espaciais e não espaciais da base de dados, de forma a produzir simulações de fenômenos reais (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Também, Loch (2006) diz que o SIG representa vantagem pela capacidade de combinar *layers* visando a realização de análises espaciais, principalmente de polígonos.

Como resultado da interação entre a ciência da computação e a da informação espacial, teve-se o surgimento da geocomputação, que nada mais é, do que o uso de paradigmas computacionais, como ferramenta para pesquisas geográficas (Openshaw, 2000 apud PEDROSA, 2003).

A utilização dos computadores para o mapeamento e análises espaciais tem contribuído para a evolução conjunta de outras áreas de captura, análise e apresentação de dados, a exemplo do mapeamento topográfico e cadastral, da cartografia temática, das engenharias, da geografia, das ciências do solo, do planejamento rural e urbano, do sensoriamento remoto, entre outros. Além disso, os SIGs permitem a utilização de funções matemáticas para a realização de análises espaciais, e incorporam algoritmos gráficos cada vez melhores, ou seja, funções que proporcionam a interpolação, zoneamento e análise de redes (LOCH, 2006).

A geração atual de *softwares* SIGs dispõe de tecnologia para armazenamento, organização, recuperação e modificação de informações espaciais, podendo estas, serem oriundas de recursos naturais, dados demográficos, redes de utilidade pública, entre outros tipos de dados. No ramo do geoprocessamento, o grande desafio está em fazer desses sistemas estáticos, ferramentas capazes de gerenciar representações realistas, tanto do espaço como do tempo (PEDROSA, 2003).

Segundo Fitz (2008, p. 100), os SIGs constituem sistemas computacionais, que dispõem de “[...] programas especiais para a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise digital de dados georreferenciados visando a produção de informação espacial.”

Os SIGs são recomendados para uso em planejamentos urbanos, pois dispõem da capacidade de representar ambientes dinâmicos, que são aqueles encontrados em sistemas físicos e socioeconômicos, em situações reais. Assim, possibilitam a modelagem de processos físicos, aplicados à geomorfologia, estudos climáticos, dinâmica populacional, e impacto ambiental. (PEDROSA, 2003).

Para o estudo de sistemas ambientais, deve-se considerar a interação existente entre os dados, e os SIGs atendem a este requisito, por meio de mecanismos de manipulação simultânea de dados, que permitem a

consulta, recuperação, visualização e combinação de dados variados para proceder a análise (BARBOSA, 1997).

O emprego de SIGs para espacialização, cruzamento de dados, e cálculos de áreas, é bastante vantajoso, quando comparado a outras metodologias. Isso porque, proporciona redução da subjetividade de operações manuais de cruzamento, rapidez nas operações de sobreposição de mapas temáticos e cálculo de áreas, obtenção de mapas temáticos intermediários, e, facilidade para introdução de novos dados ao banco (ROSA; BRITO, 1996).

Logo, para a utilização de SIGs, foram desenvolvidos alguns softwares, destacam-se: *MapServer*, *Jump*, *GRASS GIS*, *Thuban*, *Mapinfo*, *GEOMEDIA*, *TerraView*, *SPRING* (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), *Quantum GIS* e *ArcGIS*.

O *ArcGIS* é um programa de SIG que visa proporcionar o desenvolvimento de geoprocessamento, disponibilizando ferramentas de edição. A grande vantagem dele em relação a outros softwares de SIG, é que este dispõe de ferramentas de geoprocessamento tanto vetoriais, como matriciais. Dessa forma, é possível produzir análises espaciais, por meio de arquivos vetoriais, matriciais ou também utilizar maneiras de relacionar as duas espécies de dados, como a partir de uma tabela de atributos do arquivo vetorial, e outra contendo o banco de dados externo. Então, é possível relacionar ambas, por meio de um campo em comum. Assim, viabiliza a realização de consultas e elaboração de mapas temáticos, sobre características específicas das feições já armazenadas no banco de dados.

Posteriormente à produção dos mapas temáticos, é possível adicionar o que se chama de metadados. De acordo com Neris (2011, p. 65),

os metadados são todas as informações sobre o desenho, que facilitam o entendimento e a interpretação dos elementos representados no mapa, além de informar suas características Técnicas, notas e informações sobre o Cliente, Proprietário e Responsável Técnico.

Existem três principais usos para um SIG: como tecnologia de gerenciamento de uma base de dados geográficos; suporte para análise espacial de fenômenos; e, ferramenta para a produção de cartografia (CÂMARA NETO, 1995 apud BARBOSA, 1997).

De acordo com Barbosa (1997), devido ao emprego de computadores e uso de satélites espaciais, a aquisição de dados geográficos se tornou mais fácil. Assim, a quantidade de dados armazenada pelos órgãos governamentais e privados passou a ser muito grande, por isso, a utilização dos SIGs se tornou fundamental, tendo em vista que, permitem a integração de informações espaciais em uma única base, como os dados cartográficos, de censo, de cadastro urbano e rural, de imagens de satélite, entre outros. Além disso, os SIGs facilitam os procedimentos de edição, visualização, acesso rápido e registro geográfico de dados (BARBOSA, 1997).

3.3.5 Análise Espacial

Com a evolução da cartografia, surgiram os problemas relacionados ao levantamento de dados e a ausência de ferramentas matemáticas para descrever as variações espaciais. Assim, entre as décadas de 30 e 40, teve início o desenvolvimento de métodos matemáticos para análise espacial, juntamente com a criação de métodos estatísticos e de análise de séries temporais (LOCH, 2006). Todavia, segundo Loch (2006, p. 92), apenas em 1960, com a inclusão do computador, foi que se obteve o desenvolvimento efetivo, e a partir disso, “[...] o mapeamento temático quantitativo e as análises espaciais começaram então a florescer.”.

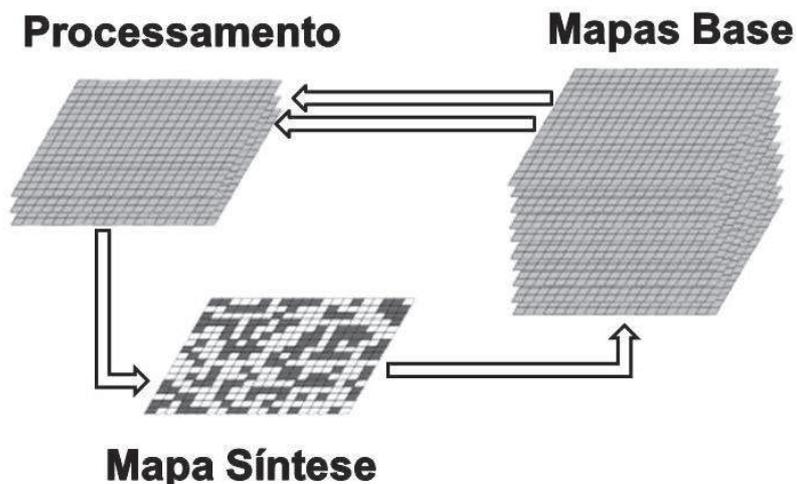
Para proceder a análise espacial de dados, o primeiro passo consiste na definição dos objetivos do projeto e das condições existentes para alcançá-los. Já o segundo passo, é de preparação dos dados, como a padronização de escalas, datums, sistemas de coordenadas e formatos de arquivos. Por conseguinte, o terceiro passo é a própria análise espacial, que pode necessitar de ferramentas de intersecção ou interpolação de dados (*overlay*), assim, identificam-se os significados implícitos nas relações contidas em um conjunto de dados, de maneira a apresentá-los de forma explícita (BONHAM-CARTER, 1996 apud BARBOSA, 1997). Após, o quarto passo é o de cálculos de áreas, quando essa informação for relevante ao contexto proposto pelo mapa. O quinto é quando se avaliam e interpretam-se os resultados obtidos pelas operações anteriores. E, por fim, o sexto passo consiste na preparação do *layout* e apresentação final do mapa.

Os autores Rosa e Brito (1996) atestam que as técnicas de análise geográfica são embasadas em operações espaciais primitivas, que podem ser aplicadas a diversas camadas de informação, visando criar novas camadas ou calcular medidas. A união de várias operações é comumente feita por meio de álgebra. Além disso, a ligação entre a informação espacial e a alfanumérica acaba por facilitar a tomada de decisões, e ainda, permite a simulação de efeitos variados, conforme a política de planejamento adotada a cada situação.

3.3.5.1 Álgebra de Mapas

Aplicar álgebra em mapas configura uma forma de modelagem cartográfica, e, de acordo com Berry (1993 apud SOARES FILHO, 2000) a álgebra de mapas utiliza uma sequência de funções mais simples, para subsidiar uma análise complexa de mapas. Ou seja, ao seguir esta metodologia de análise, primeiramente, criam-se mapas de base de dados. A partir destes, ocorre o processamento de dados, conforme aqueles que forem de interesse. Após, cria-se um novo produto com o resultado desejado, que é o mapa final do processamento (SOARES FILHO, 2000). Como essa sequência pode ser repetida, podem existir cruzamentos com geração de mapas intermediários, para que, apenas por último, tenha-se o mapa final, também chamado de mapa síntese, conforme mostra a figura 05. Ainda, Berry (1993 apud SOARES FILHO, 2000) completa afirmando que a álgebra cartográfica permite transformar, combinar camadas, relacioná-las com filtros variados, como máscaras de vizinhança, conectividade, proximidades e rotas, além de possibilitar a execução de análises estatísticas.

Figura 05 – Processamento de mapas para o equacionamento de álgebra cartográfica.



Fonte: Adaptado de Soares Filho, 2000.

Além disso, existe uma série de operações de transformação, que podem ser aplicadas aos mapas, de modo a subsidiar análises espaciais. O software Spring é bastante aplicado para essa finalidade. Conforme Câmara et al (1996), trata-se de um SIG capaz de processar imagens, produzir análises espaciais, modelagem numérica e terreno e gerenciar bancos de dados espaciais. Ou seja, uni as funções de geoprocessamento e sensoriamento remoto em um mesmo programa, disponibilizando novas metodologias e algoritmos para análise de informações espaciais. Abaixo, segue o quadro 03, resumindo as operações de transformação que podem ser aplicadas na produção de informações geográficas.

Quadro 03 – Operações de transformação de dados.

Operação	Caracterização
Ponderação	Consiste em obter um campo numérico a partir de um campo Temático. Assim, cada local de uma área de estudo fica associado a um valor, indicando o peso de cada classe temática diante de uma operação quantitativa que se deseje modelar.
Fatiamento em classes	Consiste em obter um campo temático a partir de um campo numérico. Logo, cada local de uma área de estudo fica associado a um valor indicando, sob a forma de um conjunto de classes temáticas, os intervalos de valores registrados a partir de uma grade numérica.
Reclassificação	Consiste em obter um campo temático a partir de outro campo temático. Cada local de uma área de estudo é associado a um valor de um conjunto de classes temáticas, segundo uma tabela que modela o mapeamento entre os conjuntos de entrada e saída.
Espacialização	Atributos de objetos podem ser usados como base para a geração de campos, a fim de representar a sua variação espacial. A operação Espacialize gera um campo Numérico ou Temático a partir dos valores de algum atributo de objetos associados a elementos vetoriais.

Fonte: Adaptado de Cordeiro, Barbosa e Câmara, 2007.

3.3.5.2 Processo Analítico Hierárquico (AHP)

É comum, em se tratando da produção de mapas, adotar uma classificação de áreas, conforme a finalidade do tema proposto, como é o caso dos mapas de zoneamento, prospecção mineral ou seleção de áreas para um novo empreendimento comercial, por exemplo. Visando essa classificação, criou-se o Processo Analítico Hierárquico (AHP) (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

O AHP trata-se de uma técnica com embasamento matemático, que visa organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir julgamentos. Conforme relatam os autores Câmara, Davis e Monteiro (2001, p. 27), o AHP

Requer a estruturação de um modelo hierárquico, o qual geralmente é composto por meta, critérios, sub-critérios e alternativas; e um processo de comparação pareada, por importância relativa, preferências ou probabilidade, entre dois critérios, com relação ao critério no nível superior. Com base na comparação, a AHP pondera todos os sub-critérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre [0, 1], com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento.

Após, torna-se possível identificar o conjunto de dados com melhores pesos, para serem utilizados.

Com o incremento tecnológico dado ao ramo da cartografia nos últimos anos, os mapas evoluíram, de maneira que sua apresentação por meio digital, permite maior interação entre os dados e o usuário que o produz. Assim, os mapas multimídia proporcionam a criação de diferentes visualizações, manipulação de números e intervalos de classes, bem como, tipos de classificação e método de mapeamento. Esta interação serve de suporte à decisão, já que possibilita a criação de cenários variados, que facilitam o processo de análise (LOCH, 2006).

Ainda, o mesmo autor destaca que,

Quando um mapa permite a interação do usuário, considerando desde a seleção dos fenômenos que deseja visualizar até a escolha da simbologia para os fenômenos selecionados, ele deixa de ser apenas um veículo de comunicação e passa a ser uma ferramenta de análise visual (LOCH, 2006, p. 114).

Para o cruzamento e análise de mapas, por vezes, recorre-se a métodos de classificação dos dados. Quando se opera com dados, a serem representados em mapas, Loch (2006) recomenda o uso de quatro a oito classes. Ainda, completa dizendo que, “O número de classes a ser escolhido sofre influência do tipo de simbolização a ser usada (método de mapeamento), da distribuição do tema e da amplitude dos dados - observação do máximo e o mínimo valor.” (LOCH, 2006, p. 203).

Devido ao SIG conter variadas funções de álgebra de mapas, necessita-se selecionar a mais adequada para realizar a combinação dos dados dos quais se dispõe. Então, para essa escolha, é ideal que se tenham ferramentas que facilitem o suporte à decisão, e auxiliem na organização e estabelecimento de um modelo de combinação. Foi pensando nisso, que em 1970, Thomas L. Saaty desenvolveu a técnica do AHP (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

O AHP funciona como uma maneira de produção de hipóteses sobre o mapa em estudo. O modelo de tomada de decisão, também chamado de análise multicritério, fundamenta-se basicamente: na definição do problema; busca de alternativas para solucionar o problema e determinar critérios de avaliação; avaliação das alternativas; e, seleção das alternativas mais desejáveis para solucionar o problema, organizadas em ordem hierárquica, conforme a mais adequada à situação (MIRANDA, 2005).

Os engenheiros Pamplona, Salomon e Montevechi (1999) produziram um estudo comparativo entre os métodos de auxílio à decisão por múltiplos critérios, e concluíram que o método AHP se mostrou o mais vantajoso entre os demais, citam-se *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH)*, *Fuzzy Decision Approach (FDA)*, *Analytic Network Process (ANP) Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*.

A técnica AHP foi criada pelo norte americano Thomas L. Saaty, e tem por essência a comparação pareada, onde os fatores que interferem na decisão são comparados de dois em dois, e um critério de importância relativa é atribuído à relação entre os fatores. Portanto, para a utilização da técnica, primeiramente é preciso definir uma relação de importância relativa entre as evidências (PASSOS, 2010).

É importante destacar que os mapas constituem-se de dados, ou seja, deve-se proporcionar forma numérica ao espaço, ao associar a cada localização um valor de grandeza. Com o emprego do AHP, obtém-se um mapa temático com uma superfície de decisão composta de uma grade numérica. Esses valores podem representar, por exemplo, a localização das áreas com maior risco geológico (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Os mesmos autores dão ênfase à vantagem do método AHP, uma vez que, permite construir cenários com riscos diferentes, a fim de indicar a mudança necessária nas tomadas de decisão, conforme a situação simulada, destacando a proteção ambiental, ou o custo econômico, entre outros. Dessa forma, possibilita maior cobertura e entendimento sobre os problemas espaciais relacionados à área de estudo.

Já Passos (2010), conclui adicionando também outras vantagens, já que o AHP permite abordar problemas complexos sob a visão de múltiplos critérios simultâneos. Ademais, possui caráter simples e intuitivo, sendo que, ao conhecer sua base de funcionamento, o pesquisador facilmente passa a utilizá-lo, criando critérios, atribuindo valores e selecionando alternativas. É por essas razões que Gomes (2007 apud PASSOS, 2010) defende o método de análise hierárquica, como um dos métodos multiatributo mais utilizados e difundidos no mercado mundial.

4 METODOLOGIA

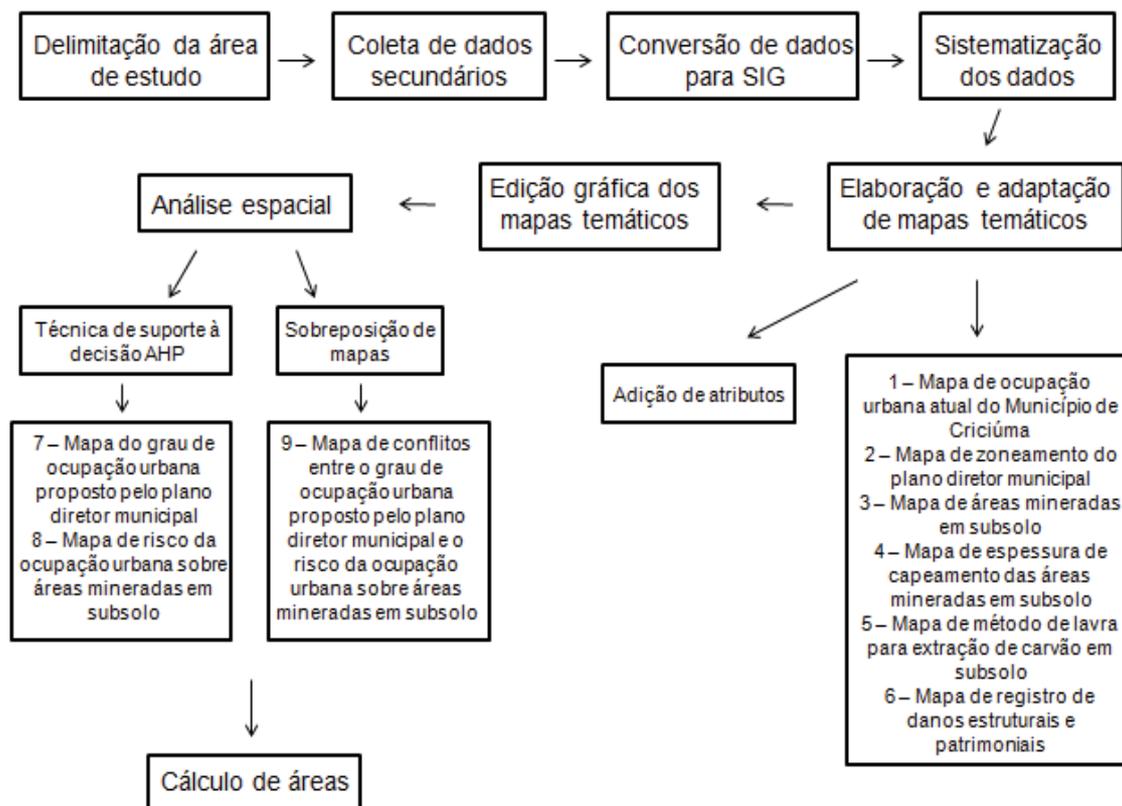
A utilização de mapas para diagnósticos e avaliações do meio ambiente, tem sido bastante aplicada. Uma dessas técnicas foi escolhida para este trabalho. Ela consiste na elaboração de uma série de mapas temáticos, que quando sobrepostos, fornecem informações que orientam estudos sobre o ambiente, e reproduzem uma síntese da situação ambiental da área de estudo. Logo, os SIGs, por possuírem componente espacial e localização determinável, foram analisados, de forma a subsidiar projetos de planejamento urbano do Município.

A metodologia, aplicada a esse trabalho, visa obter como produto final um mapa síntese de risco de ocupação urbana sobre áreas mineradas em subsuperfície. Para que se alcance o objetivo, optou-se pelo desenvolvimento de mapas temáticos base e intermediários, a fim de que o cruzamento destes resultasse nos mapas síntese de risco. Então, utilizou-se a integração de planos de informações, referentes a atributos relativos ao risco do ambiente e aos aspectos técnicos relacionados à atividade de extração de carvão mineral em subsolo.

A metodologia de cruzamento de mapas base e intermediários para obtenção de um mapa com informações sintetizadas foi escolhida tendo por base o incentivo ao uso proposto por vários autores, como: Duarte (1991); Berry (1993); Barbosa (1997); Soares Filho (2000); Câmara, Davis e Monteiro (2001); Loch (2006); Ladwig e Schwalm (2012).

Dessa forma, delimitou-se o plano de trabalho a ser desenvolvido, conforme o mapa que se desejava obter. O resultado do plano de trabalho, contendo as etapas de produção do estudo, pode ser observado na figura 07 a seguir.

Figura 07 – Plano de trabalho por etapas.



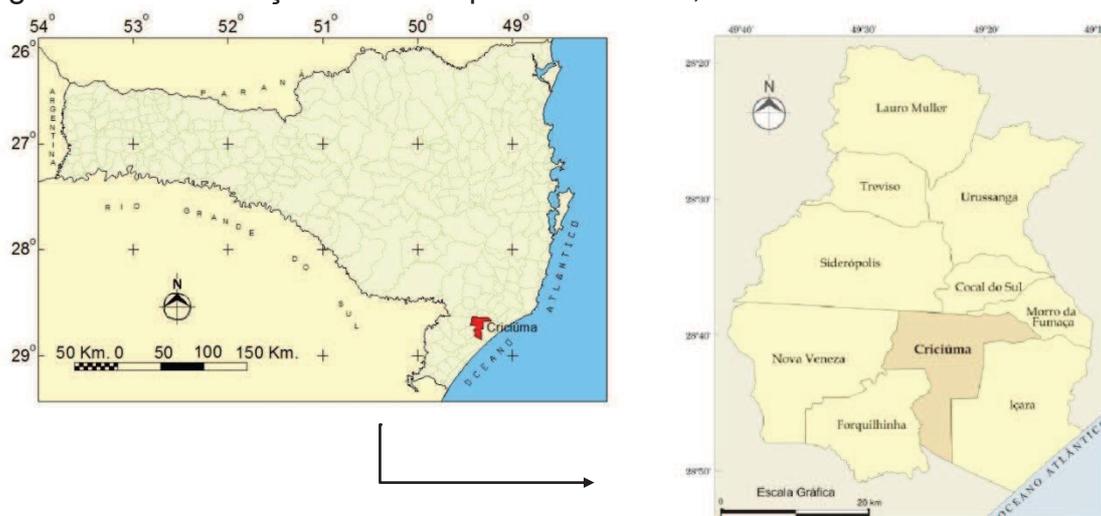
Fonte: Do autor, 2013.

4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A delimitação da área de estudo foi definida como o limite municipal de Criciúma, Estado de Santa Catarina. Optou-se pela cidade, uma vez que, consiste no município mais urbanizado da região carbonífera, com alto índice de ocupação urbana, e, além disso, dispõe de um plano diretor aprovado recentemente, que foi alvo de grandes discussões ao longo de pouco mais de dez anos. Ademais, o maior número de reclamações recebidas pelo órgão fiscalizador das atividades minerárias, relativas a danos estruturais e patrimoniais, são oriundas do Município.

O Município integra a região extremo Sul do Estado, e dispõe de 235,71 km² de área total (Figura 08), conforme dados do IBGE (2013). Pertencente à bacia hidrográfica do rio Araranguá, e à Associação de Municípios da Região Carbonífera (AMREC), Criciúma dispõe de 192.308 habitantes, com a maior densidade demográfica da região (IBGE, 2010).

Figura 08 – Localização do Município de Criciúma, SC.



Fonte: Adaptado de Neris, 2004.

O limite do Município foi obtido junto à Prefeitura Municipal de Criciúma, por meio do arquivo digital do plano diretor, em formato *dwg*. Então, o arquivo foi adicionado ao software *ArcGis* versão 10.0, onde foram desativadas as demais feições, deixando ativa apenas a feição relativa ao limite do município. Após, o limite foi exportado em formato *shp*, e a partir disso, definiu-se um sistema de coordenada ao *shape*. Os parâmetros cartográficos escolhidos para fins de elaboração desse trabalho foram: o sistema de referência SIRGAS2000, uma vez que, a partir de 2014 será obrigatório o uso desse sistema em todo território nacional, e desde 2005, qualquer documento produzido no País já deve estar georreferenciado no novo sistema oficial; e, o sistema de projeção cartográfica UTM – Fuso 22 Sul. O limite produzido foi utilizado em todos os mapas integrantes desse trabalho.

4.2 COLETA DE DADOS SECUNDÁRIOS

A partir da escolha da área de estudo, definiu-se os dados necessários a produção dos mapas, e demais informações pertinentes ao trabalho. A coleta de dados foi dividida em duas frentes, uma de informações documentais, e outra de informações geográficas. Por meio da definição das necessidades, buscaram-se os locais, instituições e órgãos adequados para pesquisa e aquisição dos dados, conforme segue no quadro 04.

Quadro 04 – Informações referentes aos dados secundários coletados para fins de elaboração do trabalho em Criciúma, SC.

Tipo	Nome	Autor	Parâmetros Cartográficos	Formato	Fonte
Mapa	Levantamento da situação das minas e concessões da bacia carbonífera de Santa Catarina	DNPM	UTM/SAD69 1:20.000	Analógico	DNPM, 1984
Mapa	Mina Santa Augusta Irapuá	Minageo	UTM/SAD69 1:2.000	Analógico	Minageo, 2013
Mapa	Mina Novo Horizonte	Carbonífera Rio Deserto	UTM/SAD69 1:2.000	DWG	Carbonífera Rio Deserto, 2013
Mapa	Mina João Sônego	Cooperminas	UTM/SAD69 1:2.000	Analógico	Cooperminas, 2013
Mapa	Mina Verdinho	Carbonífera Criciúma	UTM/SAD69 1:5.000	Analógico	Carbonífera Criciúma, 2013
Mapa	Áreas mineradas em subsolo	DNPM	UTM/SAD69	SHP	DNPM, 2009
Mapa	Áreas mineradas em subsolo	SIECESC	UTM/SAD69	SHP	SIECESC, 2009
Mapa	Zoneamento Urbano	PMC	UTM/SAD69 1:30.000	DWG	PMC, 2012
Ortofoto	Ortofoto do Município de Criciúma, SC	SDS	UTM/SIRGAS2000	TIFF	SDS, 2010
Mapa	Ocupação urbana	PMC	UTM/SAD69 1:30.000	DWG	PMC, 2012
Ponto de coordenada	Perfis de Sondagem	CPRM	UTM/SAD69	Analógico	CPRM, 1981
Ponto de coordenada	Registros de danos estruturais e patrimoniais	DNPM	UTM/SAD69	Analógico	DNPM, 2013
Mapa	Cadastro imobiliário	DPFT/PMC	UTM/WGS1984 1:30.000	KMZ	PMC, 2013
Mapa	Base Cartográfica	PMC	UTM/SAD69 1:30.000	DWG	PMC, 2008

Fonte: Do autor, 2013.

4.3 CONVERSÃO DE DADOS PARA SIG

Primeiramente, definiram-se os padrões dos dados a serem utilizados no trabalho, de modo a facilitar o cruzamento de informações nas etapas seguintes de produção e análise de mapas. Assim, todas as informações foram digitalizadas, ou seja, os mapas foram scaneados, georreferenciados com o auxílio do *ArcGIS*, e posteriormente, foram criados

shapes e vetorizadas as feições de interesse sobre as imagens (*raster*).

4.4 SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados na etapa anterior foram sobrepostos ao limite do Município, e recortados com o auxílio do Software *ArcGis*, de maneira a reduzir a quantidade de elementos gráficos e facilitar as operações seguintes de produção dos mapas temáticos. Em seguida, identificaram-se os elementos que não continham dados de interesse ao trabalho, e estes foram eliminados para não sobrecarregar os arquivos.

4.5 ELABORAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS E ADIÇÃO DE ATRIBUTOS

Como todos os mapas visam representar o Município de Criciúma, optou-se pela adoção de uma escala padrão de 1:100.000, a fim de cobrir todo o Município, e ao mesmo tempo, garantir uma representação com nível adequado de detalhes para o propósito deste trabalho.

Os mapas base elaborados foram: Mapa de Ocupação Urbana Atual do Município de Criciúma; Adaptação do Mapa de Zoneamento do Plano Diretor Municipal; Mapa de Áreas Mineradas em Subsolo; Mapa de Espessura de Capeamento das Áreas Mineradas em Subsolo; Mapa de Método de Lavra para Extração de Carvão em Subsolo; Mapa de Registros de Danos Estruturais e Patrimoniais.

Para que fosse possível realizar os procedimentos de criação dos mapas temáticos, recorreu-se ao uso de diversos softwares, conforme segue no quadro 05.

Quadro 05 – Softwares utilizados na elaboração dos mapas temáticos.

Software	Característica	Utilização
<i>AutoCAD 2010</i>	Sistema CAD	Desenho e edição gráfica
<i>ArcGIS 10.0</i>	Sistema de Informações Geográficas	Edição gráfica, georreferenciamento e análise espacial
<i>Microsoft Access</i>	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados	Edição de atributos alfanuméricos
Spring	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas	Técnica de suporte à decisão AHP
<i>Excel</i>	Planilha eletrônica	Edição de atributos alfanuméricos

Fonte: Do autor, 2013.

4.5.1 Mapa de Ocupação Urbana Atual do Município de Criciúma

Para elaboração do mapa de ocupação urbana, fez-se uso da delimitação da mancha de ocupação urbana produzida em 2012, pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense (IPAT/UNESC), para fins de elaboração do plano diretor municipal. Esta foi obtida em meio digital, em arquivo no formato *DWG*. Por isso, o arquivo foi editado no *ArcGIS*, de modo a isolar apenas a feição relativa a mancha de ocupação urbana, e exportou-se em *SHP*. A seguir, incluiu-se o *layer* do limite do Município.

No entanto, a mancha urbana obtida, foi desenhada sobre ortofoto datada de 2006. Logo, para atualização da mancha, foi necessário obter a ortofoto resultante do levantamento mais recente realizado pelo Governo do Estado, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, datada de 2010, a qual a Prefeitura Municipal de Criciúma teve acesso a partir de 2013. A ortofoto foi disponibilizada em meio digital, já com sistema de referência atribuído, SIRGAS2000, por meio do Departamento de Planejamento Físico e Territorial da Prefeitura de Criciúma.

Então, fez-se a atualização da mancha urbana por meio de fotointerpretação, ou seja, foram desenhadas as áreas urbanizadas com base na imagem de fundo. Para fins deste trabalho, as áreas consideradas urbanizadas foram definidas como, aquelas onde existiam edificações e construções, que denotassem a influência de ocupação urbana, com exceção de cercas e muros.

Todavia, ainda restava uma defasagem, de aproximadamente três anos entre a ocupação urbana vista na ortofoto, e aquela encontrada atualmente no Município. Visando sanar este viés, recorreu-se novamente à Prefeitura Municipal, onde se procurou o Setor de Cadastro e Cartografia para obtenção do mapa de cadastro imobiliário, onde constam os loteamentos aprovados até 2013. Essa informação foi fornecida em formato *KMZ*, convertida para *SHP* através do *ArcGIS*, e posteriormente, foi realizada a atualização da mancha urbana, conforme os loteamentos onde já haviam construções instaladas. A verificação de presença de construções em tais loteamentos foi realizada por meio de imagens de satélite disponíveis no software livre *Google Earth*, todas datadas de 2012.

Dessa forma, obteve-se a delimitação da mancha de ocupação urbana relativa ao ano de 2012 do município de Criciúma. Por fim, foi acionada a base cartográfica, contendo as vias e hidrografia principal.

4.5.2 Mapa de Zoneamento do Plano Diretor Municipal

Visando a adaptação do mapa de zoneamento, buscou-se na Prefeitura Municipal de Criciúma, o mapa digital, em formato de *DWG*, do zoneamento do plano diretor, conforme anexo 09 da Lei Complementar nº 095/2012. Adiante, o arquivo foi preparado adicionando-se o nome de cada zona a sua respectiva área de abrangência, por meio do uso do *AutoCAD*. Então, os dados foram adicionados e convertidos para *SHP* no *ArcGIS*, e posteriormente, utilizou-se a ferramenta de conversão gráfica, para transformar linhas em polígonos. Dessa forma, os polígonos foram criados já com uma coluna de atributos constando o nome da respectiva zona. Adiante, o *SHP* foi convertido do sistema de referência *SAD69* para *SIRGAS2000*.

4.5.3 Mapa de Áreas Mineradas em Subsolo

O mapa de área mineradas em subsolo compreende toda a mineração de subsuperfície que ocorreu em Criciúma, e também as minas ativas, incluindo as três camadas de carvão mineradas, Barro Branco, Irapuá e Bonito, bem como, teve origem por meio de diferentes fontes de informações.

Por isso, optou-se por representar as feições conforme a fonte que as originou, qual a camada de carvão minerada, bem como, se a mina opera ou já está inativa.

Primeiramente, buscou-se contato com o DNPM para obtenção do banco de dados já existente sobre as minas subterrâneas na cidade. Então, obtiveram-se os polígonos digitais em *SHP* através da Divisão de Gestão de Títulos Minerários do DNPM, na Superintendência de Florianópolis, com última atualização datada de abril 2009. Logo, foi necessário atualizar o banco de dados, que dispunha de dados provenientes do Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC), das empresas mineradoras, e do próprio órgão.

Assim, fez-se contato com as empresas para dispor de dados mais recentes. Após, ainda buscou-se pelo acervo de mapas analógicos constantes no escritório do DNPM em Criciúma, a fim de garantir a confiabilidade dos dados.

Então, buscou-se atualizar o limite das minas mais recentes, e ativas do Município, sendo elas: Mina Verdinho, Mina 3, Mina João Sônego, Mina Santa Augusta Irapuá e Mina Novo Horizonte. Para isso, foi entrado em contato com as empresas carboníferas responsáveis pelas minas, para obtenção dos mapas mais atualizados do andamento das lavras. Assim, com exceção da Mina Novo Horizonte, que foi conseguido em meio digital, formato *DWG*, os demais dados foram obtidos através da disponibilização de plantas impressas, as quais foram scaneadas, georreferenciadas, e vetorizados os limites das minas. Quanto à Mina Novo Horizonte, foi construído um polígono em *SHP* sobreposto ao limite da mina. Ao final, todas as feições foram convertidas de *SAD69* para *SIRGAS2000*, e recortadas pelo limite do Município, visando diminuir a quantidade de dados para as etapas seguintes de trabalho.

Terminado o procedimento, recorreu-se às cartas produzidas pela equipe técnica do carvão do DNPM, em 1984, a fim de verificar, se os limites das minas lá representados coincidiam com os limites contidos no arquivo digital. Para isso, foram selecionadas as cartas que continham Criciúma, scaneadas, e georreferenciadas com uso do *ArcGIS*. Em seguida, por meio da ferramenta de transparência, fez-se a averiguação dos limites, que foram condizentes com aqueles constantes no arquivo digital. Cabe destacar que a

diferença fundamental entre eles, além da atualização, está relacionada ao fato de os limites expostos nas cartas possuírem linhas suavizadas, e os arquivos digitais dispuserem de maior detalhe quanto à presença de pilares e galerias nas extremidades das áreas lavradas.

Após dispor dos dados, partiu-se para a criação de um banco de dados, contendo informações sobre as minas. Nessa etapa, identificou-se a escassez de dados para catalogação das minas de responsabilidade da CBCA, CSN e Nova Próspera. Como essas empresas não operam mais na região, suas minas são as que menos dispõem de informações, como o método de lavra empregado, o nome da mina, a profundidade da lavra, entre outros.

Também, notou-se a falta de informações referentes aos limites entre as minas. Ao buscar pelo nome das minas, nos mapas elaborados pela equipe técnica do carvão, e também no acervo de dados digitais, não é possível identificar o limite entre minas vizinhas, pois no mapa constam apenas os nomes soltos das minas sobre o limite geral de fundo. Como a maior parte das lavras em Criciúma ocorreu na mesma camada, Barro Branco, não há informações sobre o limite onde termina uma mina e inicia outra.

Além disso, a busca pela data de operação das minas também foi limitada pela escassez de dados. Principalmente sobre as minas relativas às empresas desativadas, as quais não possuem mais registros da época da operação. Cabe destacar que, o registro de dados é fundamental para que se inicie um planejamento.

Após, foi criado um banco de dados relativo às áreas mineradas em subsolo no Município. O banco de dados foi viabilizado por meio de pesquisas ao acervo integrante do DNPM, entrevistas com antigos mineiros que trabalharam nas minas, e entrevista com um engenheiro de minas que foi responsável por algumas atividades mineiras na cidade. As informações nele contidas foram exaustivamente averiguadas, visando garantir confiabilidade ao material coletado. O banco contém as seguintes informações: nome da mina; empresa mineradora; extensão da área minerada; e, período de operação da mina. Este foi criado através da tabela de atributos dos arquivos *SHP* relativos aos limites das áreas mineradas, no ambiente *GIS*. Logo, cada polígono dispõe das informações associadas.

4.5.4 Mapa de Espessura de Capeamento das Áreas Mineradas em Subsolo

Para a produção desse mapa, não foram encontrados estudos nos quais continha o mapa de contorno estrutural das camadas de carvão no Município. Buscou-se o acervo do DNPM, bem como a biblioteca da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), no entanto, obtiveram-se apenas os perfis de sondagem realizados pela companhia de pesquisa, os quais dispunham da coordenada geográfica e informações pertinentes, como a cota da boca do furo, cota da lapa e camada total de carvão.

A falta de dados é justificada, pois, conforme os Planos de Lavra Anual das minas indicavam, as lavras tinham início sem a disposição de muitas informações, e de acordo com o avanço da mineração é que se identificava a viabilidade ou não da jazida. Logo, são bastante escassos os dados relativos a essas minerações, uma vez que, não eram embasadas em estudos preliminares.

Logo, devido à deficiência de dados relativos às antigas minas de extração de carvão na região, o mapa de espessura de capeamento das minas só se tornou possível através da utilização de informações referentes aos perfis de sondagem da CPRM. Todavia, cabe ressaltar que as informações de espessura de capeamento representadas neste trabalho, referem-se à camada de carvão Barro Branco.

Os dados sobre os furos de sondagem da CPRM puderam ser obtidos junto ao DNPM, por meio de variados projetos desenvolvidos pela Companhia na região Sul do Estado, até dezembro de 1981. Assim, realizou-se uma síntese dos livros de interesse, e foram selecionados os furos de sondagem que acusavam a presença de carvão e que dispunham da informação da localização, por ponto de coordenadas, da cota da boca do furo, da cota da lapa, e da espessura da camada total de carvão.

Dessa forma, foram selecionados os furos cuja coordenada indicava que foram realizados dentro dos limites municipais de Criciúma. Ainda assim, os dados encontrados não cobriam toda a extensão da área de estudo, apenas as áreas oeste, central e sul. Por isso, a produção desse mapa ficou limitada, devido à ausência de dados disponíveis.

Assim, o mapa produzido apresenta as espessuras de capeamento da camada Barro Branco. Trata-se da distância, expressa em metros, existente entre o teto imediato da mina e a superfície sobre a área minerada. Esse dado é relevante, pois, quanto menor é a espessura, maior é a suscetibilidade de ocorrência de danos na superfície. Ou seja, quanto menor a espessura de capeamento, mais frágil é a condição de estabilidade geológica.

Os dados foram organizados em forma de planilha no *Excel*, onde se aplicou uma fórmula para obtenção da espessura de capeamento, conforme mostra a fórmula 01 abaixo, onde EC é a espessura de capeamento, $Cota_b$ é a cota da boca do furo, $Cota_l$ é a cota da lapa, e, $Camada_t$ é a camada total de carvão. As unidades relativas aos quatro itens atendem ao Sistema Internacional de Unidades (SI), estando todas em metros. O resultado final pode ser observado no quadro 06.

Fórmula 01 – Fórmula para obtenção da espessura de capeamento da camada de carvão.

$$EC = Cota_b - Cota_l + Camada_t$$

Fonte: Do autor, 2013.

Quadro 06 – Dados coletados e editados a partir de perfis de sondagem da CPRM.

(Continua)

Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa	Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa
1	18,2	118,8	1,93	-98,67	124	42,08	-23,93	0,89	66,9
2	18,75	104,88	2,06	-84,07	125	10,22	-55,13	1,63	66,98
3	18,12	102,88	1,97	-82,79	126	31,29	-33,44	2,27	67
4	75,88	100,21	1,82	-22,51	127	63,6	-2,94	0,66	67,2
5	37,36	55,66	0,58	-17,72	128	46,93	-21,04	0,7	68,67
6	58,63	76,27	1,45	-16,19	129	73,38	6,64	2,19	68,93
7	20,31	26,46	0,85	-5,3	130	80,57	12,25	1,13	69,45
8	168,32	160,55	2,27	10,04	131	59,39	-9,83	2,12	71,34
9	56,28	46,37	1,59	11,5	132	19	-50,78	1,64	71,42
10	53,7	42,58	1,52	12,64	133	29,48	-42,52	0,72	72,72
11	34,73	23,96	1,97	12,74	134	52,47	-19,52	1,4	73,39
12	40,15	28,35	0,97	12,77	135	53,32	-18,32	2	73,64
13	44,07	31,88	1,62	13,81	136	37,44	-36,13	1,06	74,63
14	39,77	27,78	1,87	13,86	137	75,58	1,28	1,72	76,02
15	57,65	44,54	1,47	14,58	138	63,17	-11,99	2,15	77,31
16	130,04	116,73	2,31	15,62	139	38,1	-37,74	2,04	77,88
17	36,8	20,65	1,12	17,27	140	49,25	-29,02	0,66	78,93

(Continua)

Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa	Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa
18	34,4	17,97	0,93	17,36	141	41,6	-35,55	2,01	79,16
19	24,6	7,04	2,14	19,7	142	37,33	-41,38	0,64	79,35
20	40,34	20,66	0,7	20,38	143	38,78	-40,47	0,74	79,99
21	36,26	16,36	0,72	20,62	144	47,06	-32,18	1,35	80,59
22	39,58	19,36	0,69	20,91	145	11,59	-67,32	1,98	80,89
23	34,63	14,21	1,06	21,48	146	18,16	-61,93	1,9	81,99
24	36,71	16,61	1,4	21,5	147	33,52	-46,54	2,06	82,12
25	35,31	13,8	1,41	22,92	148	45,07	-36,06	2,31	83,44
26	37,49	15,41	1,02	23,1	149	39,98	-44,15	1,93	86,06
27	38,59	15,78	0,87	23,68	150	16,11	-69,08	1,57	86,76
28	34,22	9,43	0,96	25,75	151	35,36	-50,15	1,53	87,04
29	33,5	8,54	1,05	26,01	152	50,56	-35,49	1,41	87,46
30	36,07	10,48	0,85	26,44	153	28,28	-57,82	1,64	87,74
31	43,44	17,84	1,03	26,63	154	43,8	-41,9	2,25	87,95
32	44,05	18,09	0,91	26,87	155	31,53	-54,57	2,11	88,21
33	37,53	11,31	0,72	26,94	156	20,63	-69,37	2,11	92,11
34	50,69	23,73	0,94	27,9	157	47,14	-45,43	2,12	94,69
35	36,34	8,99	1,02	28,37	158	52	-41,16	1,97	95,13
36	48,72	21,02	1,1	28,8	159	31,33	-62,27	1,66	95,26
37	62,68	35,37	1,53	28,84	160	18,99	-75,33	1,59	95,91
38	40,45	12,52	0,93	28,86	161	16,47	-78,67	1,86	97
39	46,99	18,45	1,84	30,38	162	103,97	5,29	1,13	99,81
40	58,21	29,09	1,92	31,04	163	36,22	-66,77	1,55	104,54
41	44,38	13,01	0,95	32,32	164	19,96	-83,7	1,94	105,6
42	48,91	16,81	1	33,1	165	21,77	-83,17	1,26	106,2
43	54,87	22,8	1,07	33,14	166	21,03	-84,33	1,18	106,54
44	30,65	-0,98	1,74	33,37	167	17,65	-87,48	1,79	106,92
45	51,94	19,58	1,22	33,58	168	42,85	-63,59	1,61	108,05
46	57,68	24,61	1,48	34,55	169	21,8	-84,58	1,78	108,16
47	54,94	21,4	1,49	35,03	170	31,45	-77	1,66	110,11
48	56,06	21,89	1,1	35,27	171	15,5	-94,78	1,91	112,19
49	53	18,58	0,94	35,36	172	17,05	-94,34	1,83	113,22
50	28,24	-5,43	1,82	35,49	173	21,77	-89,93	1,74	113,44
51	46,21	11,54	0,97	35,64	174	33,06	-78,83	2,69	114,58
52	42,28	7,54	1,54	36,28	175	14	-98,91	1,86	114,77
53	64,87	28,55	0,53	36,85	176	29,5	-83,56	1,72	114,78
54	39,7	2,95	0,63	37,38	177	58,94	-54,17	1,92	115,03
55	23,64	-12,18	1,73	37,55	178	23,21	-92,25	1,9	117,36
56	34,47	-1,44	1,81	37,72	179	21,92	-93,84	1,83	117,59
57	56,26	19,36	1,07	37,97	180	95,84	-20,83	2,17	118,84
58	35,08	-0,95	2,03	38,06	181	17,32	-99,94	1,69	118,95
59	62,35	25,23	0,94	38,06	182	11,43	-107,74	0,16	119,33

(Continua)

Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa	Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa
60	34,91	-2,69	0,64	38,24	183	39,23	-78,77	1,5	119,5
61	39,23	2,23	1,51	38,51	184	34	-84,86	1,56	120,42
62	62,56	25,08	1,48	38,96	185	12,48	-106,36	2,05	120,89
63	61,17	23,2	0,99	38,96	186	20,58	-98,92	1,65	121,15
64	47,86	9,71	0,87	39,02	187	59,27	-60,52	1,76	121,55
65	57,17	19,46	1,51	39,22	188	14,43	-105,63	1,81	121,87
66	37,67	-0,42	1,6	39,69	189	17,33	-103,6	1,64	122,57
67	24,25	-15,39	0,61	40,25	190	22,73	-98,19	1,83	122,75
68	33,22	-5,27	1,85	40,34	191	28,32	-92,88	1,76	122,96
69	31,39	-9,01	0,87	41,27	192	34,91	-86,25	1,93	123,09
70	29,51	-11,88	0,64	42,03	193	34	-90,2	1,24	125,44
71	29,8	-11,58	0,92	42,3	194	65,86	-60,13	0,4	126,39
72	51,43	9,83	1,04	42,64	195	20,09	-105,24	2,08	127,41
73	72,2	30,38	1,06	42,88	196	14,19	-111,81	1,66	127,66
74	53,89	11,14	1,01	43,76	197	15,47	-110,46	1,89	127,82
75	20,05	-23,61	1,76	45,42	198	46,16	-79,9	1,8	127,86
76	43,18	-1,06	1,8	46,04	199	39,53	-86,66	2,2	128,39
77	53,38	7,85	0,53	46,06	200	23,58	-103,18	1,74	128,5
78	36,63	-8,71	0,79	46,13	201	56,26	-70,77	2,28	129,31
79	60,34	15,15	1,59	46,78	202	49,95	-79,77	0,79	130,51
80	42,88	-3,68	0,71	47,27	203	40,56	-89,34	0,9	130,8
81	34,55	-13,04	0,55	48,14	204	217,68	88,28	1,7	131,1
82	18,63	-28,84	0,73	48,2	205	17,73	-111,57	1,93	131,23
83	51,41	3,44	1,47	49,44	206	67,02	-62,8	1,61	131,43
84	26,92	-21,94	1,52	50,38	207	17,62	-112	1,94	131,56
85	52,89	3,93	1,56	50,52	208	16,02	-114,12	1,89	132,03
86	28,06	-21	1,62	50,68	209	66,43	-64,71	1,58	132,72
87	25,57	-24,41	0,88	50,86	210	18,37	-112,61	1,88	132,86
88	62,75	13,16	1,47	51,06	211	64,09	-67,79	1,71	133,59
89	77,66	27,1	1,08	51,64	212	52,57	-80,03	1,79	134,39
90	47,75	-2,17	1,92	51,84	213	16,84	-116,63	1,53	135
91	21,65	-29,5	0,9	52,05	214	61,17	-72,07	1,85	135,09
92	47,3	-4,42	0,77	52,49	215	23,08	-111,53	1,63	136,24
93	55,62	3,7	0,71	52,63	216	17,69	-116,54	2,03	136,26
94	66,81	15,27	1,2	52,74	217	64,72	-69,6	2,29	136,61
95	32,35	-18,66	2,12	53,13	218	36,49	-101,23	0,54	138,26
96	85,25	31,86	1,14	54,53	219	42,79	-96,2	0,5	139,49
97	34,36	-19,93	0,52	54,81	220	12,73	-125,82	1,7	140,25
98	51,16	-3,21	0,59	54,96	221	20,91	-117,93	1,7	140,54
99	24,24	-30,1	1,09	55,43	222	35,63	-105,45	1,5	142,58
100	32,84	-22,92	0,6	56,36	223	86,12	-56,06	1,47	143,65
101	48,06	-7,71	0,64	56,41	224	86,12	-56,06	1,63	143,81

(Conclusão)

Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa	Nº	Cota boca	Cota lapa	Camada total	Cota Capa
102	32,46	-22,56	1,78	56,8	225	81,22	-63,16	1,68	146,06
103	46,29	-9,89	0,63	56,81	226	127,46	-16,95	1,72	146,13
104	40,28	-15,21	1,81	57,3	227	247,63	102,33	1,56	146,86
105	33,79	-22,6	0,97	57,36	228	61,97	-83,59	1,69	147,25
106	33,74	-22,98	1,66	58,38	229	26,81	-119,44	1,74	147,99
107	30,8	-29,08	0,98	60,86	230	62,34	-90,68	0,74	153,76
108	22,45	-37,6	0,83	60,88	231	107,13	-50,48	2,11	159,72
109	30,75	-30	1,06	61,81	232	107,97	-56,72	2,1	166,79
110	10,31	-51,46	1,43	63,2	233	61,66	-105,02	1,09	167,77
111	30,65	-31,97	0,83	63,45	234	173,4	5,44	1,96	169,92
112	24,72	-37,18	1,9	63,8	235	70,99	-98,39	2,67	172,05
113	37,39	-24,6	1,84	63,83	236	113,34	-58,96	1,74	174,04
114	30,87	-31,5	1,68	64,05	237	115,63	-56,72	2,06	174,41
115	37,3	-24,93	2,04	64,27	238	70,39	-110,3	0,7	181,39
116	43,26	-20,84	0,68	64,78	239	65,08	-119,02	1,66	185,76
117	66,15	2,35	1,2	65	240	132,5	-51,93	2,37	186,8
118	29,91	-35,16	0,65	65,72	241	106,63	-78,58	2,32	187,53
119	35	-29,24	1,94	66,18	242	87,24	-99,67	1,67	188,58
120	27,43	-37	1,75	66,18	243	133,25	-65,35	1,15	199,75
121	30,33	-34,77	1,46	66,56	244	165,1	-34,5	2,1	201,7
122	29,37	-35,39	1,98	66,74	245	105,3	-96,19	0,99	202,48
123	36,23	-29,02	1,56	66,81					

Fonte: Adaptado de Brasil, 1981.

Após, com disponibilidade das coordenadas, os pontos foram digitalizados, um a um, de forma manual, em formato *SHP*, por meio do *ArcGIS*. Ao término do procedimento, o sistema de referência foi convertido para *SIRGAS2000*, e foram excluídos os pontos que ficaram fora do limite municipal. Ainda, criaram-se duas novas colunas de atributos, informando a cota da boca dos furos, e a espessura de capeamento calculada.

Logo, identificou-se que os pontos com valores negativos para a espessura de capeamento, na verdade refletiam os pontos de afloramento da camada de carvão.

A produção desse mapa é importante, pois a espessura de capeamento consiste em um fator imprescindível para a definição das zonas de risco, haja vista que, representa a distância entre a fonte geradora do perigo e os atributos da superfície, que podem sofrer a influência, quando da ocorrência de eventos indesejados.

Para finalizar, a espessura de capeamento foi dividida em seis classes, em intervalos determinados a partir dos valores máximos e mínimos de espessura de capeamento, assim como recomenda Krebs (2013), e definiu-se um valor de área de influência variável para cada ponto, conforme a cobertura encontrada. A área de influência é proporcionalmente maior, conforme a menor espessura. Para a divisão de classes, não foram consideradas as características estratigráficas e litológicas da geologia local, devido à falta de informações suficientes, por isso, considerou-se apenas as diferenças entre a cota altimétrica da capa da camada Barro Branco e a da superfície. O quadro 07 apresenta as áreas definidas conforme a classe.

Quadro 07 – Tamanho da área de influência conforme a classe de espessura de capeamento da camada de carvão Barro Branco.

Classe de Espessura de Capeamento	Área de Influência
11 a 31	40
31 a 53	25
53 a 77	15
77 a 110	9
110 a 153	6
153 a 203	3

Fonte: Do autor, 2013.

4.5.5 Mapa de Método de Lavra para Extração de Carvão em Subsolo

As informações referentes ao método de lavra foram classificadas em áreas onde houve lavra com recuperação de pilares, sem recuperação de pilares, e aquelas onde não se dispõe de informações sobre o método empregado.

Os dados referentes a este mapa foram todos obtidos por meio do DNPM, através de cartas produzidas pela equipe técnica do carvão, na escala 1:20.000, em 1984. Além disso, as minas mais recentes tiveram as informações disponibilizadas pelo DNPM, sobre a não ocorrência de recuperação de pilares, uma vez que, a prática foi proibida pelo órgão, ainda na década de 80, são elas: Mina Novo Horizonte, Mina Verdinho, Mina Santa Augusta, Mina Santa Augusta Irapuá e Mina João Sônego.

As cartas do projeto de Levantamento da Situação das Minas e Concessões da Bacia Carbonífera de Santa Catarina foram scaneadas, e georreferenciadas, utilizando o sistema de referência SAD69. Após, foi convertido o sistema SIRGAS2000, e a partir da imagem matricial, produziu-se a vetorização dos dados de interesse, ou seja, sobre a imagem foram desenhadas as áreas onde houve lavra com recuperação de pilares, onde não houve, e as áreas sem informação quanto ao método de lavra.

Assim, o limite do município foi incluído ao mapa, para posterior eliminação das áreas que não pertenciam ao limite de estudo, restando apenas os dados de interesse.

4.5.6 Mapa de Registro de Danos Estruturais e Patrimoniais

A elaboração do mapa de registro de danos estruturais e patrimoniais consistiu, primeiramente, na coleta dos dados relativos às reclamações de: rachaduras em pisos, teto e paredes; rachaduras no solo; secamento de nascentes; secamento de poços; secamento de açudes; vibração sentida no interior da edificação; vibração acompanhada de ruído; rebaixamento de solo; rebaixamento de portas e janelas; aparecimento de buracos e/ou galerias no interior da propriedade; e, surgência de drenagem ácida no interior da propriedade.

Os dados foram coletados por meio do recebimento de denúncias via telefone, e através de um levantamento realizado sobre as informações das quais dispunha o DNPM, relativas a denúncias de 2010 a meados de novembro de 2013. Ademais, as denúncias realizadas entre maio e meados de novembro de 2013, foram checadas em campo, visando validar e identificar as patologias construtivas e demais danos patrimoniais acusados pelos reclamantes.

Logo, os dados foram coletados em forma de pontos de coordenadas, nos locais os quais apresentaram danos, no sistema de referência SAD69, adicionados manualmente ao *ArcGIS*, e convertidos para SIRGAS2000. O limite do município foi sobreposto aos pontos, de forma a eliminar aqueles situados fora da área de estudo.

4.6 EDIÇÃO GRÁFICA DOS MAPAS TEMÁTICOS

Após a finalização dos mapas temáticos, foi realizada a edição gráfica, para composição de seus *layouts*. Essa etapa é caracterizada pela definição da escala, cores das feições do mapa, introdução de título, legendas, escala gráfica e numérica, norte geográfico, notas técnicas, selo, grade de coordenadas, base cartográfica, entre outros. Ainda, é necessário que seja definido o tamanho da folha de impressão. Para este trabalho, foi escolhido o tamanho A3 como padrão para todos os mapas, pois permite a visualização dos detalhes, e facilita a manipulação dos mapas.

A edição gráfica do mapa é fundamental para que proporcione o melhor entendimento aos usuários, afinal, é na edição gráfica que é definido o conjunto de símbolos utilizados para a representação dos elementos no mapa.

Visando facilitar a interpretação, no mapa de espessura de capeamento das áreas mineradas em subsolo, por exemplo, optou-se por escalas de cores que variam em gradientes de tonalidades, conforme as classes. O emprego de uma sequência cromática adequada é capaz de transmitir sensação de hierarquia, ao mesmo tempo em que cores antagônicas dão a ideia de classes com valores opostos ou distantes. Além disso, para os mapas quantitativos, foram adotadas cores claras para valores baixos, e tonalidades escuras para categorias com valores altos. Por isso, optou-se por uma escala variável de amarelo a marrom escuro.

No mapa de ocupação urbana do município de Criciúma, selecionou-se a cor vermelha para representar as áreas onde há ocupação, e sem cor atribuída para a representação das áreas onde não há ocupação urbana.

Para o mapa de zoneamento do plano diretor, adotou-se uma escala de cores bastante variadas, a fim de identificar cada zona com uma cor respectiva. O mesmo ocorreu com o mapa de áreas mineradas em subsolo, pela quantidade de feições representadas, em igualdade de importância, optou-se também, por cores variadas.

Já no mapa relativo aos métodos de lavra para a extração de carvão em subsolo, adotou-se cor cinza para os locais mais críticos, como forma de destacar essas áreas, e conseqüentemente, cor vermelha para as áreas onde

não houve recuperação, e cor azul claro para as áreas onde não se tem informação sobre o tipo de lavra empregado na época da mineração.

Por fim, o mapa de registros de danos estruturais e patrimoniais foi representado por pontos na coloração vermelha, destacando-se da imagem de fundo, para que a visualização dos locais onde foram acusados danos se torne mais fácil.

4.7 ANÁLISE ESPACIAL

Para a produção dos mapas síntese, a partir dos mapas temáticos, foi necessária a realização da preparação dos dados, e análise da situação observada por meio dos mapas base.

Visando atender ao objetivo principal do trabalho, definiu-se a necessidade de produção de mais dois mapas, são eles: Mapa do Grau de Ocupação Urbana Segundo o Zoneamento do Plano Diretor, e, Mapa de Risco da Ocupação Urbana sobre Áreas Mineradas Segundo o Zoneamento do Plano Diretor.

Estes foram elaborados por meio da sobreposição de mapas temáticos (*overlay*) e AHP, de forma semi-automática no *ArcGIS*, com a criação de dois novos projetos.

4.7.1 Técnica de Suporte à Decisão AHP

O processo de análise hierárquica é bastante utilizado para identificação de áreas de risco, onde as variáveis que proporcionam o risco tem origem em diferentes fontes, embora todas atuem sobre a mesma área geográfica.

Assim, o método AHP foi escolhido para a produção dos mapas síntese. Este foi aplicado por meio do uso do software livre SPRING.

4.7.1.1 Mapa do Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal

O mapa que representa o grau de ocupação urbana proposto pelo plano diretor foi produzido por meio do cruzamento entre o mapa de zoneamento, e as informações referentes aos parâmetros urbanísticos, constantes no plano diretor municipal.

Então, visando sua elaboração, deu-se início a um novo projeto no *ArcGIS*, com adição do *SHP* referente ao zoneamento do plano diretor de Criciúma. A partir disso, foram definidos e adicionados os atributos, considerados adequados para compor o banco de dados de ocupação urbana, conforme a permissividade de ocupação relativa a cada zona.

Logo, preliminarmente, foi feita uma análise dos parâmetros urbanísticos dispostos na Lei Complementar nº 095/2012, que institui o plano diretor participativo do Município. Foi consultado o anexo 10, no qual consta a Tabela dos Parâmetros de Uso e Ocupação do Solo Municipal, e, com o intuito de selecionar os parâmetros mais permissivos quanto à ocupação urbana, definiu-se que as variáveis a serem adicionadas ao banco de dados do mapa deveriam ser: Índice de Aproveitamento básico (IA), que é valor que se deve multiplicar com a área do terreno para se obter a área máxima computável a construir, determinando o potencial construtivo do lote; Taxa de ocupação básica (TO básica), expressa em percentual da relação entre a área de projeção da edificação sobre o plano horizontal e a área total do lote; Lote mínimo (Lote mín), área mínima de lote, para fins de parcelamento do solo; e, Número Máximo de Pavimentos (NP), é o número máximo de pavimentos permitidos pela zona de uso. A seguir, os valores foram coletados do anexo 10, considerando sempre a pior condição de ocupação, ou seja, aquela mais permissiva, e inseridos na tabela de atributos no *ArcGIS*, conforme o valor correspondente a zona de cada polígono. Abaixo, segue o quadro 08, contendo os valores inseridos ao banco de dados.

Quadro 08 – Valores dos parâmetros urbanísticos classificados por zona do plano diretor de Criciúma.

ZONAS	IA	TO básica (%)	Lote mín (m ²)	NP
Z-APA	0,1	5	2000	2
ZR1-2	1	50	360	2
ZR2-4	1	50	360	4
ZR3-8	2	60	360	10
ZM1-16	3,5	60	360	16
ZM1-8	3	60	360	10
ZM2-4	2,5	60	360	4
ZM2-8	3	70	360	10
ZC1-4	3	70	360	4
ZC2-16	3,5	60	360	16
ZC3-8	3	60	360	10
ZC3-5	2,5	60	360	5
ZI-1	1	50	2500	2
ZI-2	1	50	1000	2
ZAA	1	50	5000	2
ZRU	1	50	2500	2
ZEIS	1	50	250	2

Fonte: Adaptado de PMC, 2012.

Algumas zonas não foram incluídas na classificação, por não possuírem valores definidos de parâmetros urbanísticos, visto que requerem análise específica de cada área quanto à forma de ocupação permitida, pois se tratam de zonas mais frágeis e restritivas do que as demais, onde o Conselho de Desenvolvimento Municipal (CDM) é responsável por analisar. São elas: Zona Especial de Interesse Específico (ZEIEP); Zona de Especial Interesse da Recuperação Ambiental Urbana (ZEIRAU); Zona de Especial Interesse Histórico e Cultural (ZEIHC); Zona Minerada em Subsolo (ZMIS); e, Zona Especial de Interesse da Coletividade (ZEICO).

Vale ressaltar que, além das zonas anteriormente citadas, existem áreas onde não se enquadra qualquer tipo de zoneamento, por isso, essas também foram excluídas da análise. Citam-se: Área Institucional de Ensino (AIE); Área de Segurança Nacional (ASN); Batalhão da Polícia Militar (BPM); Central de Cargas Rodoviárias (CCR); Centro de Treinamentos (CET); Cemitério Municipal (CEM); Centro Veterinário Municipal (CVM); Estádio Heriberto Hülse (EHH); Estádio Mário Balsini (EMB); Estação de Tratamento de

Esgoto (ETE); Instituto de Pesquisa (IP); e, Penitenciária Industrial de Criciúma (PIC).

Após, foi realizado o procedimento de AHP, uma vez que, houve a necessidade de atribuir pesos diferentes aos parâmetros, pois eles não possuem mesmo potencial de influência de ocupação. Ou seja, alguns parâmetros são mais relevantes do que outros, no que diz respeito à ocupação do Município.

Assim, recorreu-se ao SPRING, onde foi criado um novo projeto, incluindo no modelo de dados temáticos as quatro categorias, correspondentes aos quatro parâmetros, para produção da análise. Adiante, selecionou-se a ferramenta de suporte à decisão. Foram adicionadas as categorias para análise, e o próprio programa já gera uma série de relações entre elas, onde através de análise pareada, chega-se ao peso de cada uma das variáveis.

A análise pareada consiste em classificar a relação existente entre duas variáveis, em uma escala de 1 a 9. Sendo que o significado de cada valor está descrito no quadro 09 a seguir.

Quadro 09 – Significado dos pesos atribuídos na análise hierárquica pareada.

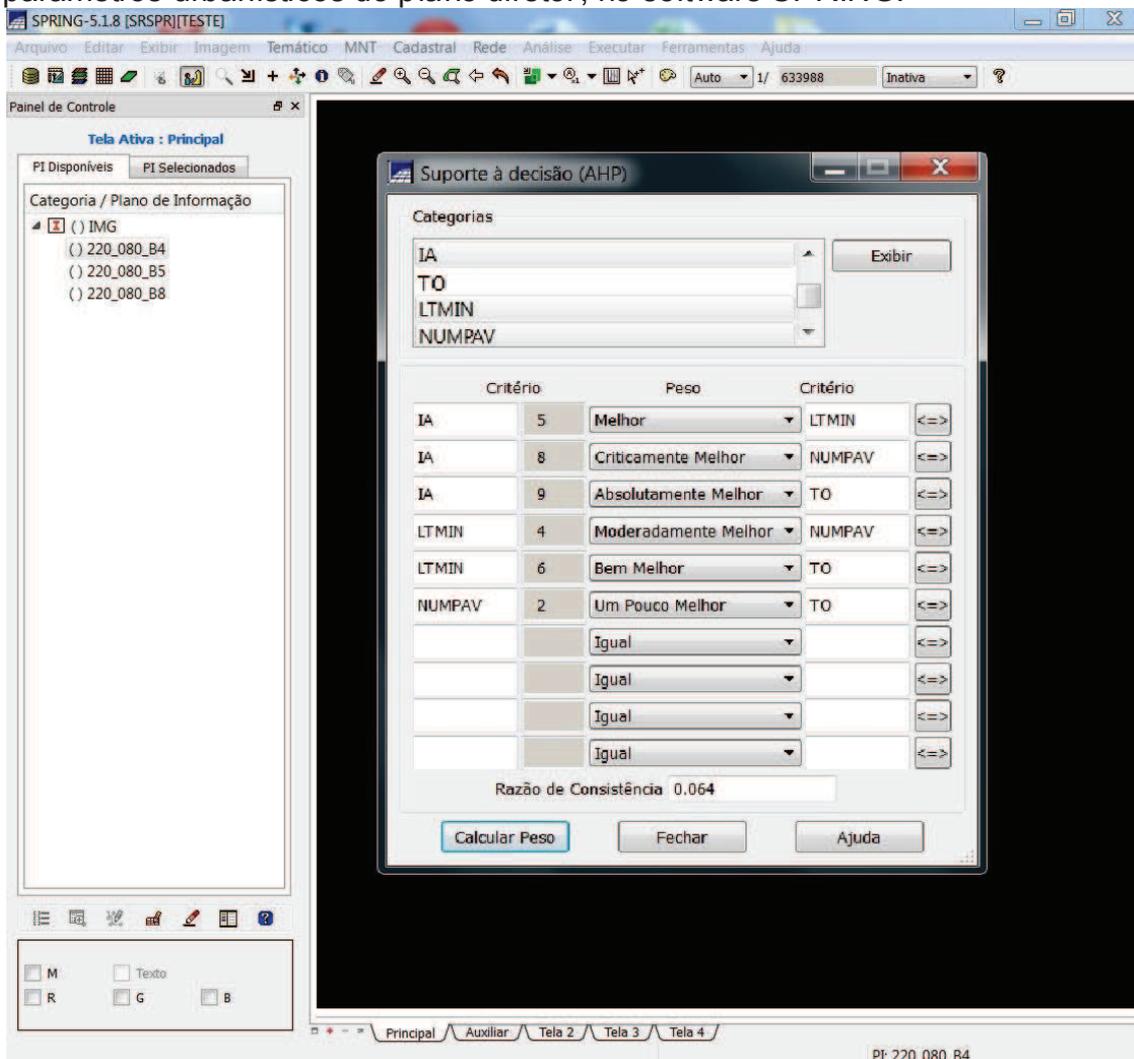
Valor	Peso
1	Igual
2	Um pouco melhor
3	Algo melhor
4	Moderadamente melhor
5	Melhor
6	Bem melhor
7	Muito melhor
8	Criticamente melhor
9	Absolutamente melhor

Fonte: Do autor, 2013.

Ao término da análise, deseja-se que se obtenha uma razão de consistência entre 0 e 0,1, de forma a validar a análise produzida. Por fim, é gerado um arquivo contendo os pesos correspondentes a cada variável.

No caso deste mapa, a análise foi procedida conforme pode ser vista na figura 09 abaixo.

Figura 09 – Aplicação do método de suporte à decisão AHP para os parâmetros urbanísticos do plano diretor, no software SPRING.



Fonte: Do autor, 2013.

Na análise, considerou-se que o Índice de Aproveitamento é o parâmetro urbanístico mais tolerante para a ocupação urbana. Em segundo lugar, ficou o Lote mínimo, em terceiro o Número de Pavimentos, e em último lugar a Taxa de ocupação básica. A classificação se justifica por o número de pavimentos e a taxa de ocupação consistirem em parâmetros que visam orientar a ocupação quanto à verticalização, portanto, não influenciando na área total construída, e sim, em quantos andares serão distribuídos o número de metros quadrados desejado.

Por sua vez, a quantidade em metros quadrados de construção, é definida pelo índice de aproveitamento, que é um valor que multiplicado pelo tamanho lote, resulta na área total que pode ser construída. Ou seja, o índice

de aproveitamento tende a definir qual o tamanho total de área que pode ser construída, conforme o tamanho do lote. O tamanho do lote foi classificado logo atrás do índice de aproveitamento, por se entender que, mesmo em zonas que se dispõe de um índice três, e o lote mínimo correspondendo a cinco mil metros quadrados, é muito raro que se construa de maneira a ocupar toda a extensão do lote. Em outras palavras, dispor de um grande lote não costuma resultar em construções que encubram toda a extensão do lote, por isso, o índice de aproveitamento ainda é mais influenciado pelo tamanho da área construída, e não o tamanho do lote mínimo.

Dessa forma, com a razão de consistência em 0,064, a análise pode ser validada, e os pesos identificados para cada parâmetro foram: TO básica 0,044; NP 0,069; Lote mínimo 0,208; IA 0,624.

Os pesos foram aplicados à planilha do *Excel*, onde continham os valores relativos aos parâmetros urbanísticos, conforme a zona do plano diretor. A definição das notas seguiu critérios subjetivos e aritméticos. O intervalo de notas foi definido entre 1 e 10, sendo que, para todos os parâmetros, ao valor que representa menor ocupação urbana foi atribuído nota 1 e ao valor máximo de ocupação nota 10. Os valores intermediários seguiram médias aritméticas para definição.

Logo, aplicou-se a multiplicação das notas dos parâmetros, pelos seus pesos, e assim, chegou-se ao valor final de ocupação de cada zona, segundo o plano diretor municipal, conforme se apresenta no quadro 10.

Quadro 10 – Proposta de ocupação do plano diretor, conforme análise hierárquica de parâmetros urbanísticos.

ZONAS	IA	Nota IA	TO básica	Nota TO	Lmín	Nota Lmín	NP	Nota NP	Nota Final
ZM1-16	3,5	10	60	8,5	360	2	16	10	8,586
ZC2-16	3,5	10	60	8,5	360	2	16	10	8,586
ZM2-8	3	9	70	10	360	2	10	6,5	8,12
ZC1-4	3	9	70	10	360	2	4	2,5	7,944
ZM1-8	3	9	60	8,5	360	2	10	6,5	7,808
ZC3-8	3	9	60	8,5	360	2	10	6,5	7,808
ZC3-5	2,5	7,5	60	8,5	360	2	5	3	6,718
ZM2-4	2,5	7,5	60	8,5	360	2	4	2,5	6,696
ZR3-8	2	6	60	8,5	360	2	10	6,5	5,65
ZAA	1	3	50	7	5000	10	2	1	4,062
ZI-1	1	3	50	7	2500	8	2	1	3,924
ZRU	1	3	50	7	2500	8	2	1	3,924
ZI-2	1	3	50	7	1000	4	2	1	3,648
ZR2-4	1	3	50	7	360	2	4	2,5	3,576
ZR1-2	1	3	50	7	360	2	2	1	3,51
ZEIS	1	3	50	7	250	1	2	1	3,441
Z-APA	0,1	1	5	1	2000	6	2	1	1,29

Fonte: Do autor, 2013.

Após a atribuição dos valores, foi exportado o arquivo *SHP* relativo ao zoneamento a tabela de atributos no formato de arquivo texto. Por sua vez, este arquivo foi aberto no *Excel*, onde as notas foram adicionadas conforme a zona de cada polígono. Ao término, o arquivo foi exportado em *dBase*, e os valores do quadro 06 foram adicionados à tabela de atributos do arquivo *SHP* relativo ao zoneamento do plano diretor, no *ArcGIS*. A partir disso, cada polígono do mapa dispôs da informação de qual zona pertence, bem como o valor de ocupação.

Assim, foi possível classificar o *SHP* do mapa de zoneamento, apresentado por diferença de tonalidades as regiões da cidade onde a ocupação urbana tende a ser mais densa, conforme a permissibilidade da proposta do plano diretor. A escala de cores utilizada variou entre amarelo e marrom.

4.7.1.2 Mapa de Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo

O mapa de Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo representa os locais onde existe maior potencial de dano no futuro, com vista às fragilidades das minerações de subsolo que ocorrem no Município.

Por isso, para elaboração deste mapa, foi necessário realizar o cruzamento entre os mapas: Espessura de Capeamento das Áreas Mineradas em Subsolo; Áreas Mineradas em Subsolo; e, Métodos de Lavra para Extração de Carvão em Subsolo.

O objetivo desse mapa é representar os locais, que atualmente, estão expostos os maiores riscos de ocorrer danos estruturais às edificações.

Para isso, foi realizada a análise hierárquica relacionada às fragilidades das áreas mineradas em subsolo, e criado um modelo digital de elevação, para densificar a espessura de capeamento das áreas.

Primeiramente foram definidas as categorias a serem analisadas, no que se refere à mineração, destacando: método de lavra quanto à Recuperação de Pilares (RP); Sobreposição de Áreas Mineradas (SAM); e, Espessura de Capeamento das áreas mineradas (EC).

As categorias para análise foram limitadas a essas três características, pois eram as que se dispunha de informações consistentes, e integraram a fase de coleta de dados.

Quanto às fragilidades, avaliou-se que a sobreposição de minas é a categoria que possui maior potencial de causar danos às estruturas da superfície, uma vez que, exige estudos mais complexos para a lavra, além de informações precisas quanto à localização, tamanho de galeria, tamanho de pilares, estado atual da mina, e demais características pertinentes, sobre a mineração que ocorreu anteriormente no local. Como esse estudo se limita ao Município de Criciúma, e as informações relativas às minas antigas são bastante escassas, além de que, na época os estudos não atendiam aos requisitos, entende-se que o maior risco está relacionado à situação de sobreposição de áreas mineradas.

Em segundo lugar no potencial de causar danos, classificou-se o método de lavra com recuperação de pilares. Isso porque, quando os pilares de sustentação da mina também são lavrados, a condição geológica torna-se muito instável, e fatalmente resulta em subsidência. As exceções acontecem quando a lavra é realizada a uma profundidade muito grande, de modo que na subsidência, ocorre o acomodamento da rocha, sem implicar em alterações à superfície, ou, quando o teto imediato é escorado por blocos de rocha e troncos de árvores, a fim de conter o peso do maciço rochoso. No entanto, tratam-se de exceções, e como as lavras de carvão na região são consideradas pouco profundas, o mais comum é a ocorrência de subsidência.

Cabe destacar que, a lavra com recuperação de pilares foi proibida pelo DNPM, muito embora seja uma prática comum a outros países, e quando realizada de forma responsável, com estudos do comportamento das rochas, acaba por não produzir danos.

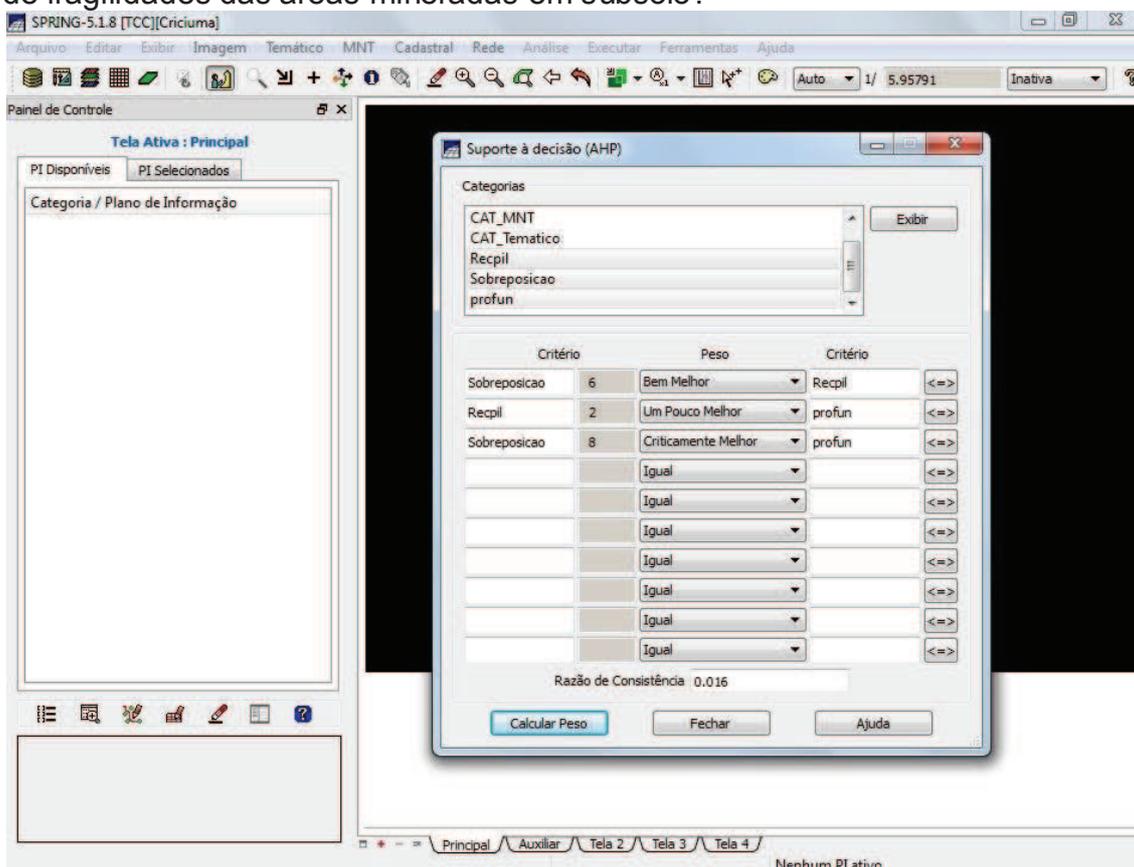
Todavia, a situação é ainda mais grave, na região de Criciúma, para os locais onde não houve a remoção dos pilares. Isso porque, os pilares são projetados para sustentar a cobertura das áreas lavradas, no entanto, seu tempo de vida útil é incerto, com cálculo médio de cerca de cem anos. Logo, dependendo do estado de conservação destes, e da própria mina, pode ocorrer o colapso dos pilares, a qualquer momento, resultando em subsidência, com potencial de repercussão na superfície..

Por último ficou a espessura de capeamento. Ela foi considerada em terceiro lugar, pois em lavras profundas, a espessura pouco influencia na superfície, logo, não é em todos os casos que ela possui alto risco agregado. Todavia, para lavras rasas, como muitas que ocorreram na região, ela é fator importante, já que, quanto mais fina for a espessura do capeamento, maiores os riscos atrelados às edificações que se instalarem no local.

A classificação hierárquica contou com o auxílio da análise realizada por um técnico de mineração, um geólogo e um engenheiro de minas, de modo que cada um emitiu seu parecer, e apesar dos diferentes argumentos utilizados para justificar, os três defenderam a sobreposição de minas como maior fator de risco, seguido da lavra com recuperação de pilares, e por último a espessura de capeamento.

Logo, após definição da hierarquia, utilizou-se o SPRING para obtenção dos pesos relativos a cada variável. A figura 10 mostra como foi procedida a análise das variáveis no software.

Figura 10 - Aplicação do método de suporte à decisão AHP para as categorias de fragilidades das áreas mineradas em subsolo.



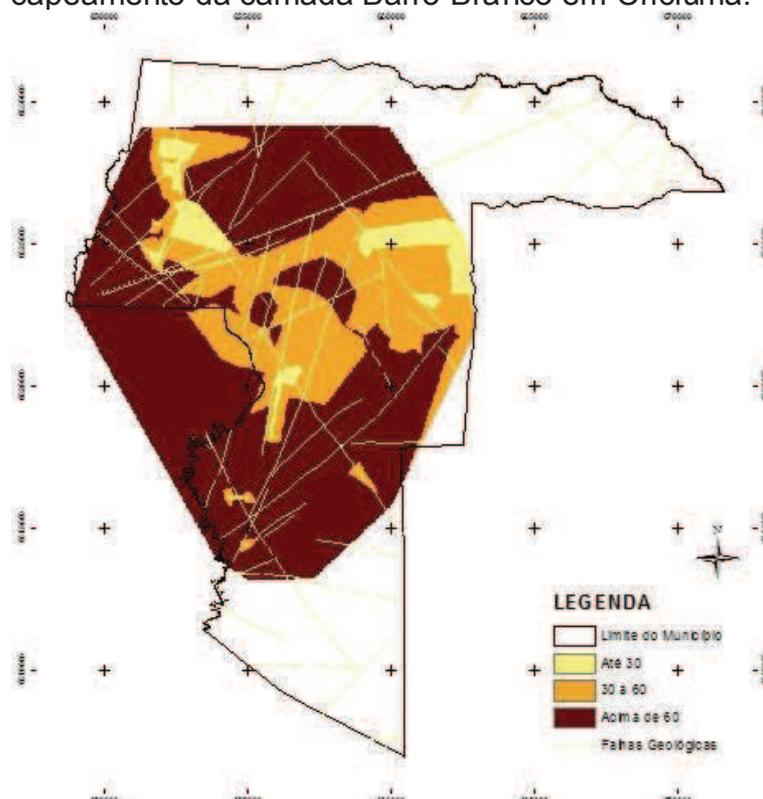
Fonte: Do autor, 2013.

A análise ocorreu de forma subjetiva e embasada em referências técnicas. Assim, obteve-se a razão de consistência de 0,016, o que significa que a análise é válida. Por isso, foi exportado o cálculo dos pesos, onde se obteve que, a sobreposição tem peso 0,769, a lavra com recuperação de pilares 0,147, e, a espessura de capeamento 0,084.

Terminada essa etapa de análise, deu-se início à produção do modelo digital de elevação, para densificar por interpolação, conforme os valores de espessura de capeamento. O modelo de elevação é uma ferramenta bastante comum em geoprocessamento, e propicia a modelagem numérica tridimensional do terreno.

Ao aplicar o uso da ferramenta no *ArcGIS*, tem-se a geração de uma imagem matricial dividida em classes, representadas por cores diferentes, conforme o intervalo de profundidade, definido de forma automática e aleatória pelo próprio software, trata-se de um arquivo *TIN* a partir de um arquivo *SHP* de pontos. Logo, foi necessário verificar se as classes atendiam ao objetivo do mapa, e optou-se pela nova divisão em três classes distintas, variando de 0 a 2, sendo zero o local onde existe afloramento da camada de carvão até 30 metros de espessura; 1 onde a espessura se encontra entre 30 e 60 metros; e, 2 maior do que 60 metros. Esses valores foram determinados embasados pelo estudo que está sendo desenvolvido por um grupo de técnicos, que envolvem profissionais do Ministério Público Federal (MPF), DNPM, Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA), SIECESC entre outras instituições, visando determinar os parâmetros indispensáveis para criação de mapas de riscos para as minas ativas, ainda em elaboração (Anexo A). A figura 11 mostra o arquivo matricial criado, com as falhas geológicas sobrepostas, e espessura de capeamento dividida em três classes, em unidade métrica.

Figura 11 – Modelo matricial de espessura de capeamento da camada Barro Branco em Criciúma.



Fonte: Do autor, 2013.

Depois, fez-se a poligonização do arquivo *TIN*, como forma de preparar os dados para as etapas posteriores, ou seja, foram criados polígonos a partir de um arquivo *raster*. Um arquivo com estrutura matricial originou outro arquivo, dessa vez com estrutura vetorial, do tipo polígono. As notas atribuídas à espessura de capeamento foram estipuladas conforme o quadro 11.

Assim, fez-se a intersecção entre o *SHP* de áreas mineradas e o *SHP* de espessura de capeamento, de forma a gerar um único *SHP* contendo todas as informações em uma única tabela de atributos.

O próximo passo consistiu em adicionar à tabela de atributos do *SHP* duas novas colunas, além daquela existente com os dados de espessura de capeamento. Os novos dados a serem incluídos foram as informações referentes à ocorrência de lavra com recuperação de pilares (sim, não ou sem informação) e sobreposição de áreas mineradas (sim ou não). Os polígonos foram avaliados caso a caso, totalizando 639 feições, de modo que a informação foi adicionada manualmente para cada um deles.

Adiante, foram calculadas as notas de cada categoria, classificadas conforme segue no quadro 11.

Quadro 11 – Notas atribuídas de acordo com o potencial de causar danos estruturais e patrimoniais à superfície de áreas mineradas, conforme as fragilidades das minas de subsolo.

Sobreposição de áreas mineradas	NOTA
Sim	10
Não	2,5
Lavra com recuperação de pilares	NOTA
Sim	2,5
Não	10
Sem Informação	5
Espessura de Capeamento	NOTA
0	10
1	5
2	2,5

Fonte: Do autor, 2013.

À sobreposição de áreas mineradas, atribui-se nota 10, uma vez que, o risco de ocorrer danos à superfície é bastante grande, devido à

instabilidade a qual fica sujeito o maciço rochoso. Tem-se que, quando a segunda lavra é superior a primeira, com os estudos adequados, acaba trazendo benefícios, e diminuindo a chance de causar subsidências, uma vez que, o peso depositado sobre os pilares da mina mais antiga será diminuído.

No entanto, no município de Criciúma, primeiramente ocorreram as lavras mais rasas, ou seja, próximas à superfície, e, só depois optou-se por minerar em camadas mais profundas. Essa conduta acaba por expor a superfície da área minerada ao risco ainda maior. Pois pouco se dispõe de informação sobre as minas antigas, e sem dados sobre elas, minerar sob essas áreas acaba sendo uma atividade de risco, principalmente em locais com falhamentos.

Logo, com base nisso, a sobreposição de áreas mineradas, no caso da cidade de Criciúma, constitui o maior fator de risco de ocorrência de subsidências, que por sua vez, podem refletir em danos na superfície. Assim, atribui-se nota máxima de risco para as áreas onde ocorreu sobreposição de áreas mineradas. Do contrário, para os locais onde não houve sobreposição, entendeu-se que a nota 2,5 seria mais adequada, porque, ainda que seja bastante menor, continua existindo risco agregado.

No quesito lavra com recuperação de pilares, optou-se pela nota 10 para os locais onde não houve recuperação, pois, conforme análise ao mapa de registros de danos estruturais e patrimoniais, 100% das reclamações provém de áreas onde não foi feita a recuperação de pilares. O fato pode ser explicado devido às lavras com recuperações de pilares serem bastante antiga, o que pode ter minimizado os danos, já que, não existia densa ocupação urbana sobre essas áreas na época da mineração. Como essa prática é proibida pelo órgão fiscalizador das atividades minerárias (DNPM), a atribuição da nota foi dada com base no que aconteceu no passado, tendo em vista que não ocorrerão mais recuperações de pilares no futuro.

Portanto, os locais onde houve recuperação de pilares, entende-se que já ocorreu subsidência, anteriormente à ocupação urbana da superfície. Com raras exceções, onde o teto imediato foi escorado por rochas graníticas e troncos de árvores, e ainda hoje podem ser registradas subsidências nesses locais. Por existir essas exceções, e pelo o acomodamento do solo, nos locais onde ocorreu subsidência, poder levar alguns anos para se tornar estável

novamente, é que se considerou nota 2,5 para as áreas onde houve recuperação de pilares, já que ainda pode existir algum risco agregado.

Ainda, existem muitas minas, das quais não se possui informações sobre a metodologia de lavra que ocorreu durante a operação. Logo, para essas, optou-se pela nota 5, pois pode ou não ter havido a remoção dos pilares de sustentação. Além disso, a própria falta de informação já pode ser considerada um risco em potencial.

Para a espessura de capeamento, as notas foram distribuídas de forma aritmética. Ou seja, para a menor espessura de capeamento, tem-se o maior risco agregado, por isso, atribuiu-se nota máxima 10. Por outro lado, para o intervalo de espessura médio, a nota atribuída corresponde ao valor médio da escala, nota 5. Por último, para espessuras maiores do que 60 metros, optou-se pela nota 2,5, pois, ainda que a lavra tenha ocorrido com espessuras maiores, o risco continua a existir, principalmente no tocante à prejuízos ao comportamento hidrogeológico da área, todavia, em menor proporção.

Com a conclusão do procedimento, recorreu-se a planilha de atributos do *SHP*, obtida através do *ArcGIS*, exportada como relatório em formato de texto, e aberta para edição no *Excel*. Dando continuidade, atribuíram-se os pesos obtidos pelo método de suporte à decisão à planilha do *Excel*, de modo a multiplicar cada peso pela sua variável correspondente, e somar o resultado dos três parâmetros. Assim, chegou-se ao valor de nota final de risco de cada polígono do mapa, conforme o apêndice A.

A planilha foi exportada para o *Access* em *dBase*, e após, incluída no *SHP* já no *ArcGIS*. Então, assim como os anteriores, o mapa passou por edição gráfica e composição geral do *layout*.

4.7.2 Sobreposição de mapas

A sobreposição de mapas foi realizada por meio de ferramentas de intersecção e interpolação no *ArcGIS*. Foi através desse procedimento que se tornou possível a geração dos três mapas finais desse trabalho, que resultaram da sintetização de variados mapas temáticos produzidos anteriormente.

O cruzamento dos mapas facilita o procedimento de análise dos resultados obtidos, pois facilita a visualização de diferentes situações e variáveis em um mesmo plano.

4.7.2.1 Mapa de Conflitos entre o Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal e o Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo

O mapa de Conflitos entre o Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor e o Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo apresenta o resultado final das análises, onde se tem uma projeção da potencialidade ou minimização do risco de ocupação sobre as áreas mineradas em função do plano diretor recentemente aprovado.

Resultou da sobreposição dos mapas de Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal; Ocupação Urbana Atual do Município de Criciúma; e, Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo.

Este mapa representa os locais onde tende a existir conflitos futuros, resultantes da ocupação proposta para o Município, conforme os parâmetros urbanísticos dispostos no plano diretor municipal, que ordena o desenvolvimento territorial de Criciúma.

O intuito desse produto está em representar os locais atuais e futuros da cidade que estão expostos a maior risco de sofrer danos estruturais e patrimoniais, com base na ocupação urbana que se tem hoje no Município de Criciúma, bem como, com aquela proposta pelo plano diretor.

Por meio da análise hierárquica foram obtidos os valores correspondentes ao risco de danos estruturais e patrimoniais associados a cada polígono, bem como, o grau de ocupação. Ambos foram classificados em cinco categorias, que variaram de acordo com as notas: 0 a 2 (muito baixo); 2 a 4 (baixo); 4 a 6 (médio); 6 a 8 (alto); e, por fim, 8 a 10 (muito alto). Adiante, fez-se uso da ferramenta de intersecção do *ArcGIS*, para juntar os dados contidos nos dois arquivos *SHP*, gerando apenas um *SHP*. Logo, foi preciso criar uma relação entre os potenciais decorrentes da mineração e o grau de ocupação urbana proposto. A análise segue no quadro 12, a seguir.

Quadro 12 – Potencial de conflito interpretado a partir do cruzamento entre o grau de ocupação urbana e o risco de danos estruturais e patrimoniais proveniente da mineração.

Grau de Ocupação	Risco de Mineração				
	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo
Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto	Alto	Alto	Médio
Alto	Muito Alto	Alto	Alto	Médio	Médio
Médio	Alto	Alto	Médio	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio	Médio	Baixo	Muito Baixo
Muito Baixo	Médio	Médio	Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo

Fonte: Do autor, 2013.

A interpretação dos riscos ocorreu de forma subjetiva, e, considerando que o cruzamento de elevados graus de ocupação, com riscos também elevados de danos oriundos da mineração, representam um conflito de uso do solo, que pode resultar em problemas para a sociedade e meio ambiente. Por isso, situações de sobreposição de altos índices, foram classificadas como riscos muito altos e altos.

O mesmo ocorre para os riscos baixos e muito baixos. Quando se tem uma lavra em profundidade, com pequeno grau de ocupação da superfície, sem sobreposição de camadas mineradas, por exemplo, a chance de existirem conflitos é bastante menor. Para os demais casos, considerou-se risco médio.

Posteriormente, o resultado da análise foi incluído a cada polígono, em uma nova coluna de atributos no *SHP* criado a partir da intersecção, em ambiente GIS. Estes índices de risco foram adicionados à tabela de atributos do *SHP*. Então, produziu-se um mapa síntese, plotando os valores de risco em uma escala variada, dividida em cinco classes de risco: primeira classe de risco muito alto, a segunda de risco alto, a terceira de risco médio, quarta classe de risco baixo, e, quinta classe de risco muito baixo.

A seguir, foi finalizada a edição do mapa com a escolha da escala de cores variando de vermelho escuro, atribuída ao maior risco, ao amarelo claro, correspondente ao menor risco. Por fim, foi finalizado o *layout* do mapa, com

adição de selo, legenda, nota técnica, norte geográfico, grade de coordenadas, título, escala gráfica e numérica, entre outros.

4.8 CÁLCULO DE ÁREAS

Com o término da produção de todos os mapas objetos desse estudo, procedeu-se o cálculo das áreas, relativas às feições de interesse, a fim de obter um recurso a mais para a análise, quanto ao índice de risco ao qual a cidade está exposta, devido ao planejamento urbano atual.

O cálculo de áreas foi feito através do *ArcGIS*, onde criaram-se colunas nas janelas de atributos dos arquivos *SHP*, os quais se desejava obter o valor de área. A partir delas, foi selecionada a opção de cálculos geométricos, onde se optou pela categoria área, a ser obtida em metros quadrados. Logo, o próprio software fornece os valores relativos a cada polígono, e a área total de todos os polígonos de um mesmo *SHP*.

Assim, selecionaram-se os dados que se julgaram necessários para a próxima etapa, de análise dos resultados, e distribuiu-se em tabelas e gráficos, como forma de facilitar a compreensão.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

5.1 MAPA DE OCUPAÇÃO URBANA ATUAL DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA

O mapa de Ocupação Urbana Atual do Município de Criciúma (Apêndice B) apresenta a mancha de ocupação urbana correspondente ao Município de Criciúma. Ela representa cerca de 60,11 km², do total de 235,71 km² dos quais dispõem o Município (IBGE, 2013). Logo, compreende-se que os 192.308 habitantes da cidade (IBGE, 2010) estão distribuídos, basicamente, em uma área de apenas 60,11 km², ou seja, a densidade demográfica, praticamente, equivale a 815,87 habitantes por km². É de se esperar que essa concentração populacional venha a gerar conflitos de uso do solo, e consequências ao meio ambiente.

Quando as atividades de mineração estão situadas distantes de centros urbanos, suas consequências são minimizadas, uma vez que, limitam-se os danos aos recursos naturais, os quais costumam não ser utilizados diretamente pela população. No entanto, quando ocorre a urbanização sobre áreas mineradas em subsuperfície, os prejuízos à sociedade refletem de forma bem mais alarmante, pois afetam diretamente as pessoas.

O resultado dessa situação é percebido pelo número de denúncias recebidas pelos órgãos fiscalizadores, principalmente, MPF, SIECESC e DNPM.

Portanto, com a produção do mapa, pode-se identificar que o Município de Criciúma é essencialmente urbano, o que tende a agravar os conflitos resultantes da existência de áreas mineradas em subsolo, já que as movimentações do solo são sentidas nas edificações, resultando principalmente em rachaduras, rebaixamento de pisos, e demais patologias. Em alguns casos de subsidência, a edificação acaba comprometida, a ponto de ser interdita pela defesa civil.

5.2 MAPA DE ZONEAMENTO DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL

O mapa de Zoneamento do Plano Diretor Municipal (Apêndice C) apresenta as novas divisões de zonas propostas pelo plano aprovado em dezembro de 2012. Este inclui as zonas: Zona Agropecuária e Agroindustrial (ZAA); Zona de Áreas de Proteção Ambiental (Z-APA); Zona Central 1 (ZC1); Zona Central 2 (ZC2); Zona Central 3 (ZC3); Zona de Especial Interesse da Coletividade (ZEICO); Zona de Especial Interesse Histórico e Cultural (ZEIHC); Zona de Especial Interesse da Recuperação Ambiental Urbana (ZEIRAU); Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); Zona Mista 1 (ZM1); Zona Mista 2 (ZM2); Zona Residencial 1 (ZR1); Zona Residencial 2 (ZR2); Zona Residencial 3 (ZR3); Zona Rururbana (ZRU); Zonas Especiais – Áreas de Interesse Específico (ZEIEP); Zona Industrial 1 (ZI1); e, Zona Industrial 2 (ZI2).

Cada uma delas dispõe de usos pré-determinados, ou seja, há parâmetros urbanísticos associados, que são responsáveis pela maior ou menor permissividade de ocupação urbana.

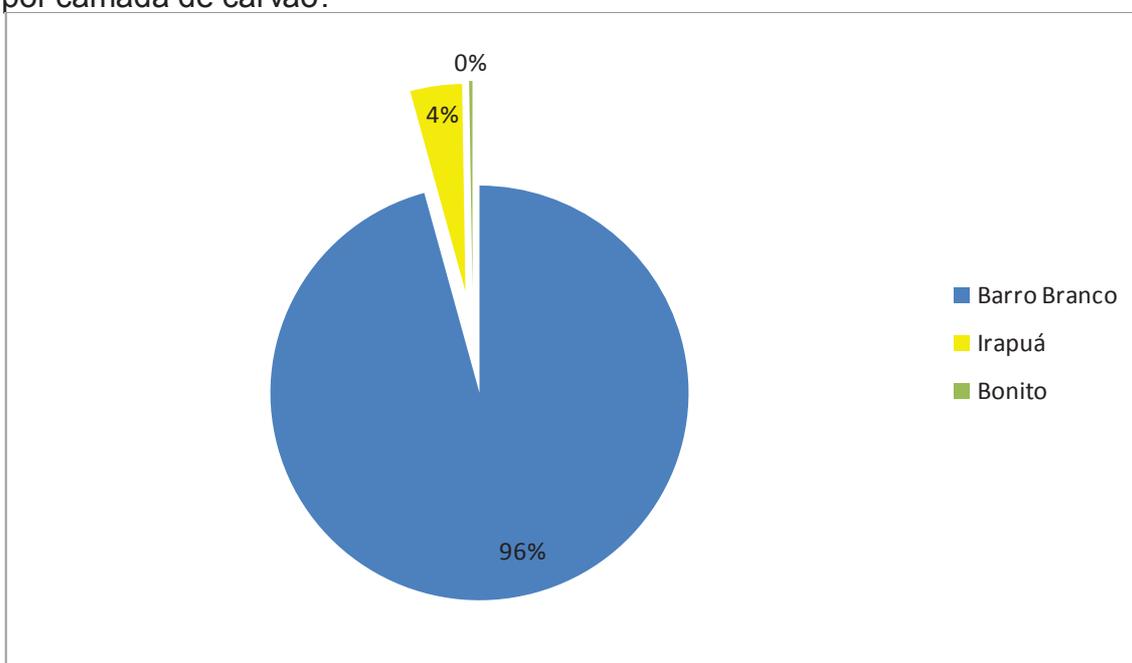
Logo, tem-se que as zonas residenciais e mistas estão concentradas na área central, oeste e noroeste do Município. Sendo que, na região oeste coincide área urbana com locais onde houve minas de subsolo. Do contrário, ao sul de Criciúma, ocorreram várias minas, no entanto, o uso proposto para essa região é Z-APA, ou seja, tende a existir menos conflitos de uso do solo, já que a ocupação urbana é limitada.

É importante ressaltar que, durante a produção deste mapa, pode-se perceber que o zoneamento urbano do Município, utilizou base cartográfica distinta dos demais mapas apresentados no plano diretor. Assim, os limites de zoneamento não coincidem com os limites da base cartográfica do Município, que foram obtidos através de restituição fotogramétrica em 2001, ao passo que, o limite municipal do mapa de zoneamento foi obtido por meio do mapa base digitalizado de 1996. Por isso, no mapa visualiza-se a diferença existente entre ambos, acentuada nos limites norte, sudeste e sul. Optou-se por não se realizar a correção, em função de que a revisão do limite do Município, no mapa de zoneamento do plano diretor, envolve a alteração também dos limites das zonas.

5.3 MAPA DE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO

A produção do mapa de Áreas Mineradas em Subsolo (Apêndice D) permitiu concluir que, aproximadamente 37% do Município de Criciúma foi minerado em subsolo, totalizando 87,15 km². Além disso, do total, cerca de 96% foram na camada Barro Branco, ou seja 83,44 km², 3,49 km² na camada Irapuá (4%) e 0,22 km² na camada Bonito. Conforme mostra a figura 12.

Figura 12 – Gráfico de áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma por camada de carvão.



Fonte: Do autor, 2013.

A partir dos polígonos das áreas mineradas, foi criado um banco de dados, contendo o nome da mina, a empresa que minerou, bem como, a data de operação da mina. Logo, o resultado da produção do banco de dados, é apresentado no quadro 13 abaixo. Cabe destacar que, trata-se de um banco de dados digital, criado no *ArcGIS*, ou seja, as informações podem ser atualizadas e editadas a qualquer momento, e, além disso, podem ser consultadas através do mapa digital, já que, clicando em qualquer lugar dentro do limite do polígono, abre uma tabela contendo as informações associadas ao polígono.

Quadro 13 – Banco de dados digital das áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma, SC.

Mineração Camada Bonito		
Nome da Mina	Empresa	Operação
Novo Horizonte	Carb. Rio Deserto	2009 até atualmente
Mineração Camada Irapuá		
Nome da Mina	Empresa	Operação
Santa Augusta	Carb. Rio Deserto	1982? a 1993?
Santa Augusta Irapuá Sul	Minageo	1997 a 2003
Santa Augusta Irapuá Norte	Minageo	2005 a 2013
Rio Maina Poço 3, Setor F	Carb. Catarinense	Anterior a 1984
A	Carb. Nova Próspera	?
Santa Augusta	Carb. Rio Deserto	1982 a 1993?
Mineração Camada Barro Branco		
Nome da Mina	Empresa	Operação
João Sônego	Carb. Catarinense	2012 até atualmente
Verdinho	Carb. Criciúma	1982 até atualmente
3	Carb. Catarinense	1982 a 2012
1	Carb. Próspera	Anterior a 1984
Rio América 11	Carb. Próspera	Anterior a 1984
2, 3 e 12	Carb. Próspera	Anterior a 1984
Santa Augusta	Carb. Rio Deserto	1977 a 1993
Visconde de Barbacena II e III, Rui Barbosa I e II, Macarini	Carb. Catarinense	Anterior a 1984
Poço M1 e M6	Carb. Metropolitana	Anterior a 1984
2	CSN	Anterior a 1984
1	CSN	Anterior a 1984
União	Carb. Metropolitana	Anterior a 1977
Boa Vista	Carb. Rio Deserto	Anterior a 1984
Modelo	CBCA	Anterior a 1984
São Simão São Pedro	CBCA	1991 a 1996
Rio Maina Setor E Poço 3	Carb. Catarinense	1982 a 1989?
4 e 5	Carb. Próspera	Anterior a 1984
B 449	Carb. Próspera	1975? a 199?
São Marcos	Carb. Criciúma	Anterior a 1984
A	Carb. Próspera	1974 a 199?
Minas	CSN	?
Antônio De Lucca e Santa Bárbara A2, A3, A5, 7A, B e C	CBCA	1981 a 1996?
Poço 1	CBCA	1983 a 1989
Rio Maina Setor A, B, C e D, Poços 1, 2, 3 e 4	Carb. Catarinense	1982 a 1989

Fonte: Do autor, 2013.

Cabe destacar que, o campo Minas CSN, foi assim representado, pela ausência de dados encontrados durante a elaboração desse trabalho. Onde se obteve os limites das minas, no entanto, não se conseguiu demais informações referentes a essas lavras.

A produção desse banco de dados torna-se bastante útil para consultas, tanto de interesse da sociedade civil, como de pessoas jurídicas e órgãos governamentais. Logo, avalia-se a necessidade de propiciar a continuidade de adição dos dados de interesse, a fim de se dispor de maior número de informações.

5.4 MAPA DE ESPESSURA DE CAPEAMENTO DAS ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO

Com os pontos plotados sobre o limite do Município, o mapa de Espessura de Capeamento das Áreas Mineradas em Subsolo (Apêndice E) permitiu identificar que os locais com menor espessura ocorrem nos bairros Nossa Senhora da Salete, São Cristóvão, Progresso, Mina União, Cidade Mineira Nova, Cidade Mineira Velha, Vila Macarini, Rio Maina, Catarinense, Vila Visconde, Metrópol, Vila São José, Nossa Senhora do Carmo, Wosocris, Distrito Industrial, Vila Isabel, Vila São Sebastião, Sangão, correspondentes às regiões centro-leste, oeste e sudoeste, densamente ocupadas. Portanto, esses são os pontos mais frágeis da cidade quanto à baixa cobertura da área minerada.

Ainda, cabe destacar que, apesar de não ter sido encontrados dados da CPRM relativos à parte da cidade, sabe-se por meio do aparecimento de galerias em propriedades particulares, que a espessura de capeamento nos bairros Pio Corrêa, Santo Antônio, Operária Nova, São Luiz e Santa Augusta, é bastante pequena.

Entretanto, os locais onde a camada de carvão encontra-se em maiores profundidades correspondem aos bairros Verdinho, Quarta Linha e São Roque. Logo, estes estão menos expostos aos riscos decorrentes da fina espessura, já que as minas nessas regiões atingiram profundidades maiores. Todavia, esse fato não anula os riscos oriundos das demais características geológicas locais. Ressalta-se que em uma modelagem de previsão de riscos

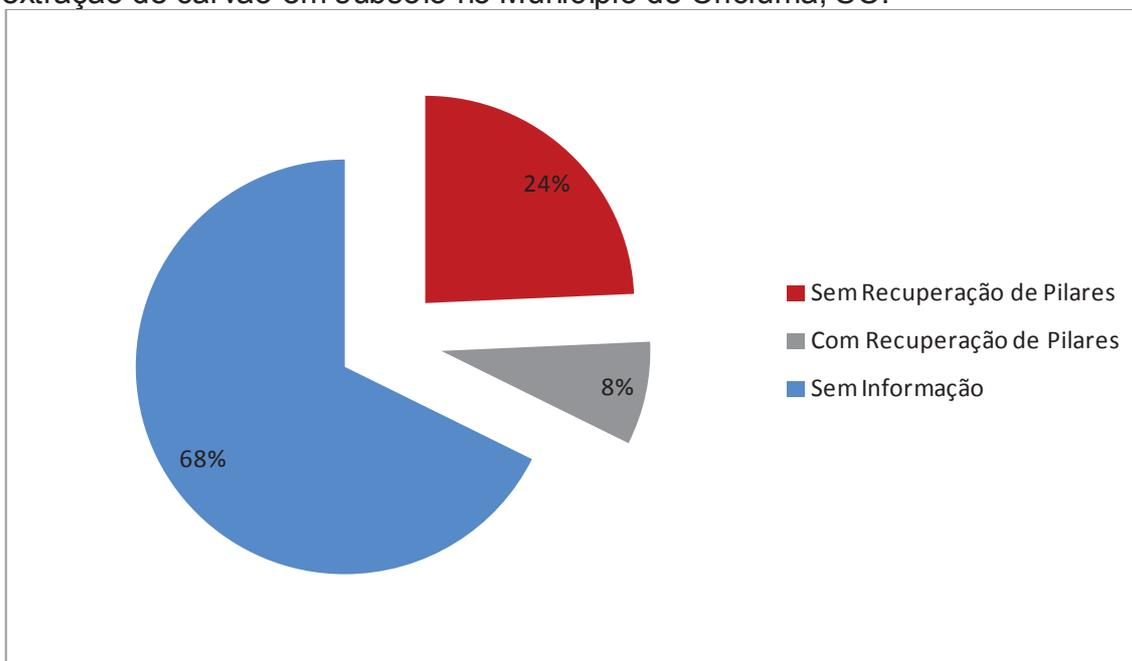
de subsidência, é ideal se dispor de informações relativas à constituição litológica, grau de fraturamento do material, dimensões de galeria, além da espessura de capeamento da camada de carvão.

Este mapa mostra que a camada de carvão Barro Branco encontra-se em profundidades bastante variáveis dentro do Município.

5.5 MAPA DE MÉTODO DE LAVRA PARA EXTRAÇÃO DE CARVÃO EM SUBSOLO

O mapa de Método de Lavra Para a Extração de Carvão em Subsolo (Apêndice F) foi dividido em três categorias: com recuperação de pilares, sem recuperação de pilares, e, sem informação. A porcentagem de cada método pode ser contemplada pela figura 13.

Figura 13 – Gráfico de classificação quanto aos métodos de lavra para extração de carvão em subsolo no Município de Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

A figura 13 evidencia a ausência de informações relativas às minas de subsuperfície em Criciúma, o que configura um fator agravante de risco para ocupação urbana.

Como as lavras onde ocorreu recuperação de pilares são bastante antigas, acredita-se que houve subsidência antes mesmo da ocupação urbana

se instalar na superfície. Isso porque, não foi registrada até o momento de produção deste estudo, qualquer reclamação por parte de proprietários, relativa a danos estruturais em edificações ou danos aos recursos naturais.

Logo, as minas onde não houve recuperação de pilares, representam, atualmente, risco maior à população do que aquelas nas quais foi realizada a remoção dos pilares, uma vez que, seus pilares de sustentação estão expostos a contatos com água ou oxigênio, agentes que podem diminuir o tempo de vida útil dessas estruturas. Ainda, a ocorrência de construções sobre as áreas mineradas acaba por agregar maior peso a ser sustentado pelos pilares da mina, que ficam com sobrecarga, se comparada com aquela para qual foram projetados a suportar. Ou seja, mesmo que essas minas disponham de pilares de sustentação, não se sabe qual o estado de integridade destes, podendo haver colapso de pilares a qualquer momento.

As minas com recuperação de pilares se concentraram na região centro-oeste da cidade, onde as lavras datam de épocas mais antigas, enquanto que nas minas mais recentes, como aquelas localizadas ao sul, não houve retirada dos pilares.

5.6 MAPA DE REGISTRO DE DANOS ESTRUTURAIS E PATRIMONIAIS

O mapa de Registro de Danos Estruturais e Patrimoniais (Apêndice G) surgiu a partir das denúncias recebidas pelo DNPM entre 2010 e novembro de 2013. Os danos cujas reclamações dataram entre maio e novembro de 2013 foram verificados em campo.

Dentre os prejuízos mais comuns estão: rachaduras em pisos, paredes, tetos ou solo; rebaixamento do piso ou do terreno; rebaixamento de portas ou janelas; secamento de poços e açudes; surgimento de água ácida; aparecimento de buracos, entre outros.

As reclamações são recorrentes nas minas da camada Barro Branco, principalmente naquelas localizadas no Morro Cechinel, e nos bairros Metropol, Operária Nova, Ana Maria, Renascer, Recanto Verde, Argentina, São Simão, São Marcos, Poço 1, Vila Visconde, Vila São José, Vila Macarini, Mina do Mato, Maria Céu, Santo Antônio, Pinheirinho, Universitário, Santa Augusta, Cidade Mineira Velha, Cidade Mineira Nova, Santa Luzia, Vila São Sebastião e

São Roque. Os bairros que se destacam com maior número de reclamações são: Operária Nova, Mina do Mato e Vila São Sebastião.

A figura 14 mostra um exemplo de dano, onde ao realizar escavação para construção da escadaria que daria acesso à residência, encontrou-se uma galeria, no bairro Operária Nova. Além disso, a imagem evidencia a baixa espessura de capeamento da mina, lavrada pela CBCA. O local está situado sobre Zona Residencial, que permite construções de até dois pavimentos, o que agrega peso maior aos pilares de sustentação da mina, favorecendo a ocorrência de colapsos.

Figura 14 – Galeria de mina de extração de carvão, na camada Barro Branco, encontrada durante a construção de uma residência na região central de Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Ao sobrepor o mapa de registros de denúncias com o do zoneamento urbano, é possível concluir que, a grande parte dos danos registrados ocorre em áreas residenciais, onde o número de pavimentos permitido varia entre dois e seis pavimentos. Além disso, é importante destacar que, há áreas onde houve registro de danos, e confirmou-se a presença de minas subterrâneas, na região centro-oeste de Criciúma, todavia, o plano diretor permite a construção de edificações com até quatro pavimentos, o que configura uma exposição da população ao risco, já que, quanto maior a altura da construção, maior é a intensidade dos danos.

Cabe concluir que, os gestores públicos falharam ao longo da história do Município, ao aprovar planos diretores concebidos visando, principalmente, o interesse do setor imobiliário, o que resultou na determinação de uso do solo atual, e escolha de áreas inadequadas para promoção do desenvolvimento da cidade. Isso é evidenciado pelo conflito de usos e ocorrência de danos registrados na atualidade.

Além disso, é importante informar que, os conflitos tendem a ocorrer, também, nas áreas de recuperação ambiental, onde se teve a disposição de rejeitos piritosos, que estão sendo isolados, em cápsulas de argila, visando evitar que haja o contato com água e oxigênio. No entanto, o plano diretor não considera uso futuro restrito para essas áreas, o que coloca em risco a integridade dessas cápsulas, e conforme a atividade proposta, pode haver o retorno da exposição dos rejeitos piritosos à água e ao oxigênio, o que vem a gerar novamente drenagem ácida, juntamente com todos os impactos causados pela lixiviação de metais.

O número de denúncias tem crescido bastante nos últimos anos, devido à maior ocupação urbana sobre áreas mineradas. E, com a tendência de adensamento da ocupação urbana, entende-se que a quantidade de reclamações tende a crescer ainda mais.

5.7 MAPA DO GRAU DE OCUPAÇÃO URBANA PROPOSTO PELO PLANO DIRETOR MUNICIPAL

O mapa do Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal (Apêndice H) traz como resultado as áreas do Município que

permitem maior ocupação urbana, com base no maior tamanho de área construída permitida pelo plano diretor. Ao comparar o resultado desse mapa, obtido pelo método de suporte à decisão AHP, com o mapa de áreas mineradas em subsolo, nota-se que estão sobrepostas áreas de densa ocupação permitida, com áreas mineradas. O fato caracteriza a existência de zonas de risco, onde é mais provável que ocorram problemas futuros, como nos bairros, Pinheirinho, Jardim Angélica, Pio Corrêa, Santo Antônio, Operária Nova, Ana Maria, Vila Macarini, entre outros.

Logo, há a necessidade de repensar o plano diretor, que ordena a ocupação nessas áreas. Pois, o risco decorrente da mineração não tem como ser evitado, todavia, tem como prevenir e minimizar seus impactos, através do tipo de uso proposto para essas áreas.

Com a produção do mapa, concluiu-se que o centro do Município representa o local com maior grau de ocupação urbana, seguido das margens de rodovias estaduais e região leste.

5.8 MAPA DE RISCO DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO

O mapa de Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo (Apêndice I) apresenta as áreas com risco de ocupação urbana, devido à ocorrência de antigas lavras de carvão em subsolo no Município de Criciúma, sob uma escala que varia dentro de cinco classes de risco: muito baixo; baixo; médio; alto; e, muito alto.

É importante esclarecer que o termo risco relaciona-se à ameaça ou contingência de que um evento ou ação resulte em dano. Todavia, é importante ressaltar que, a existência do risco não significa certeza, pois a presença de um fator de risco não implica necessariamente na ocorrência do evento.

Ocorreu em Criciúma a extração de parte do maciço rochoso, gerando a formação de vazios, ou seja, foram causadas alterações no comportamento geotécnico de grande parte do Município, que podem resultar em situações de risco para a ocupação desses locais, sobre áreas mineradas em subsolo. Krebs (2013) concorda e ressalva que, em alguns casos, pode ocorrer subitamente colapso das estruturas, intensificando os efeitos adversos

aos superficiários. Por isso a importância em produzir-se essa análise, quanto à localização e risco associado às áreas.

Através do mapa de riscos, pode-se constatar que do total de áreas mineradas do Município, cerca de 23% encontra-se sob área urbanizada, com casas, edifícios e comércios instalados. Esse dado expõe a falta de planejamento urbano adequado de Criciúma ao longo dos anos, que permitiu a ocupação de 20,10 km² de áreas de risco, sem que fossem realizados estudos que garantissem a segurança ambiental e integridade das construções.

Além disso, a maior parte das áreas mineradas estão dentro do perímetro urbano do Município. Assim, fica destacada a falta de comprometimento do plano diretor municipal, ao incentivar a ocupação em áreas sujeitas a riscos resultantes de subsidências. Cabe destacar que, o plano diretor do Município reflete o resultado de um processo decisório, que se iniciou participativo, e terminou sendo decidido por um grupo restrito de técnicos, empresários e vereadores.

Na observação do mapa, constata-se a ausência de classificação de risco empregada para as áreas que, foram mineradas próximas ao limite norte e leste do Município. Isso ocorre, pois nessas regiões não se obteve a espessura de capeamento da camada Barro Branco. Logo, não puderam seguir a mesma metodologia de análise das demais áreas mineradas. Assim, foram representadas no mapa, em cor distinta, com a ressalva de que, apesar de não terem feito parte da análise de risco, dispõem de risco agregado, uma vez que, tratam-se de áreas mineradas, onde atualmente existe ocupação urbana. Um exemplo é o bairro Pio Corrêa, como pode se ver na figura 15, com casas e edifícios de alto padrão econômico, instalados sobre área minerada, sem informações sobre a profundidade e estado atual de conservação das minas. O total de áreas mineradas, das quais não se dispôs de espessura de capeamento para análise de risco, foi cerca de 9,72 km².

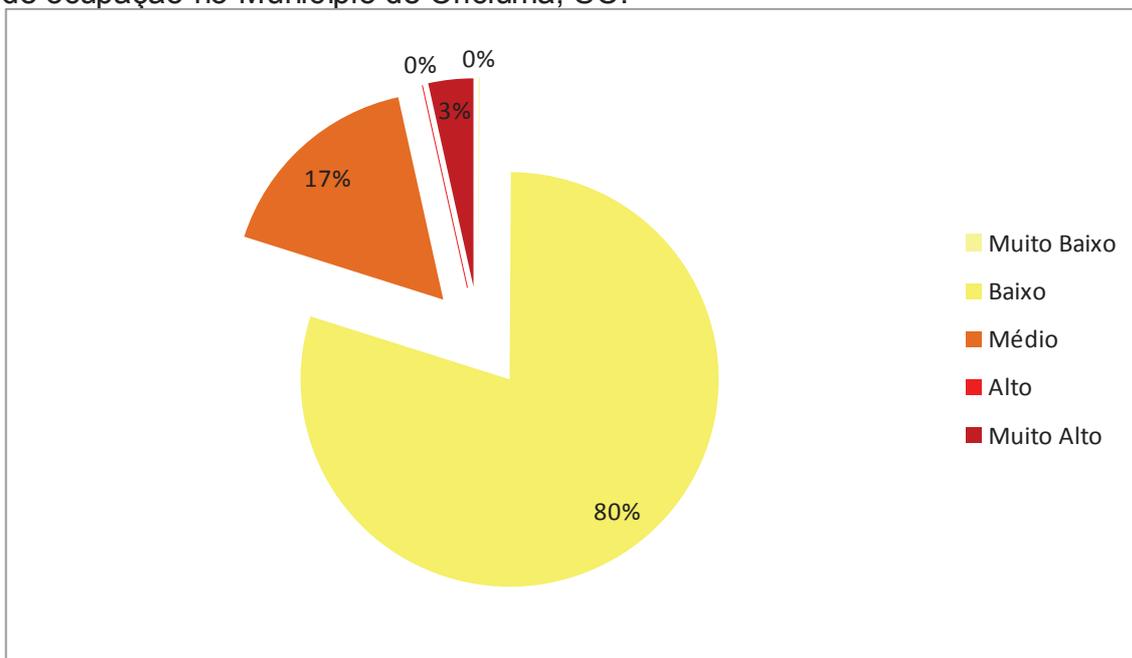
Figura 15 – Vista do bairro Pio Corrêa em Criciúma, SC, onde a ocupação urbana foi promovida sem a informação quanto à profundidade e conservação das minas.



Fonte: Do autor, 2013.

Analisando os resultados obtidos no mapa, nota-se que o risco baixo foi predominante no município, compondo 80% das áreas mineradas, o que significa 41,91 km², seguido do risco médio representado por 17%, com 8,73 km², muito alto com 3%, ou seja, 1,82 km², muito baixo com 0,05 km², e alto, que não possui área, conforme ilustra a figura 16 a seguir.

Figura 16 – Gráfico da relação quantificada entre as cinco categorias de risco de ocupação no Município de Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

As áreas de risco muito alto dizem respeito, principalmente aos locais onde existe mais de uma camada de carvão minerada. Com destaque para os bairros Sangão, Recanto Verde, Pinheirinho, Ana Maria, Próspera, Jardim Maristela, Ceará, Primeira Linha, Fábio Silva, Universitário e São Luiz. As figuras 17 e 18 retratam parte das áreas de risco muito alto, evidenciando a ocupação urbana já instalada.

Figura 17 - Área de muito alto risco de danos estruturais no bairro Recanto Verde em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 18 – Área de muito alto risco de danos estruturais no bairro Pinheirinho em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

É imprescindível que esses locais sejam restringidos de ocupação urbana, principalmente residencial, comercial e industrial. Pois as construções localizadas sobre essas áreas, tornam-se expostas a riscos bastante altos de sofrerem danos, como rachaduras e rebaixamento de pisos, podendo comprometer a integridade civil da obra.

Além disso, na figura 18 é possível identificar a existência de uma escola estadual, instalada sobre área de muito alto risco, deixando clara a falta de planejamento advinda do poder público, ao comprometer verba estadual para construção em área de risco. Além de expor estudantes, professores e funcionários, que podem vir a ser lesados, com uma possível danificação da estrutura que compõe a escola.

Ainda, destaca-se na mesma figura, um posto de combustível. Tendo em vista que, os postos de combustíveis da região possuem tanque de armazenamento subterrâneo, há que se preocupar, pois uma movimentação do terreno poderia resultar na deformação dos tanques, e permitir o vazamento do produto, altamente contaminante, botando em risco à qualidade das águas subterrâneas. Logo, essa atividade não deveria ser permitida sobre essas áreas.

Enfatiza-se a necessidade de evitar a instalação de edifícios com mais pavimentos, tendo em vista que, quanto mais alta a construção, maiores são os impactos sofridos, além de prejudicar um número maior de pessoas. Os autores Krebs, Dias e Viero (1994) relatam que quanto maior o número de pavimentos da edificação, maior é o comprometimento da construção civil, ou seja, os impactos da ocorrência de subsidências são sentidos com maior intensidade.

Acima desses locais foram construídos loteamentos, incentivando a ocupação, o que caracteriza uma falha no planejamento urbano do Município, que deveria zelar pelo bem estar da população, não a expondo a riscos previsíveis.

O ideal é que seja limitado o uso superficial dessas áreas, a atividades às quais não sejam afetadas de forma significativa pela ocorrência de uma possível subsidência. Logo, essas áreas podem ser consideradas impróprias à instalação de construções, ou apenas limitadas a baixo número de pavimentos.

Como as áreas de muito alto risco, correspondem a apenas 1,82 km², verifica-se a viabilidade em restringir usos nesses locais, e por a área ser pequena, facilita a implantação de medidas de cautela.

Não houve o registro de áreas classificadas como de alto risco, isso porque o intervalo de notas não foi preenchido por nenhuma área que estivesse entre 6 e 8. Logo, identifica-se um salto das áreas de médio risco para as de muito alto risco associado.

Já o risco médio, atinge áreas menos urbanizadas, concentrando-se próximas ao limite centro-oeste do Município, nos bairros Sangão, Universitário, Jardim das Paineiras, Jardim Angélica, Milanese, Recanto Verde, Primeira Linha e Fábio Silva, além de menores proporções em outros bairros. Conforme pode ser visto nas figuras 19 e 20.

Figura 19 – Área de médio risco de danos estruturais no bairro Fábio Silva em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 20 - Área de médio risco de danos estruturais no bairro Jardim Angélica em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Essas áreas foram ocupadas devido à criação de loteamentos residenciais, o que justifica o fato de serem compostas, essencialmente, por casas de baixo número de pavimentos.

O fato de que 80% das áreas mineradas foram consideradas de baixo risco é um ponto positivo a se destacar. Todavia, isso não significa que as áreas possam ser utilizadas sem restrições, pois ainda que o risco seja menor, ele continua existindo e não deve ser ignorado. Esse argumento é embasado no registro de subsidências, que tiveram reflexos na superfície, mesmo em mina com espessura de capeamento de 110 metros, considerada risco baixo. O caso foi registrado na localidade de Sangão, área da antiga Mina A, da Carbonífera Próspera. Logo, as áreas de baixo risco também carecem de cuidados diante de sua ocupação.

Dentre as cinco categorias de risco representadas nesse mapa, as áreas de baixo risco configuram as que mais dispõem de ocupação urbana superficial, por estarem situadas em áreas de desenvolvimento urbano do Município. O resultado é positivo, apesar de que, o ideal seria que as áreas de muito baixo risco tivessem maior ocupação urbana. As figuras 21 e 22 mostram

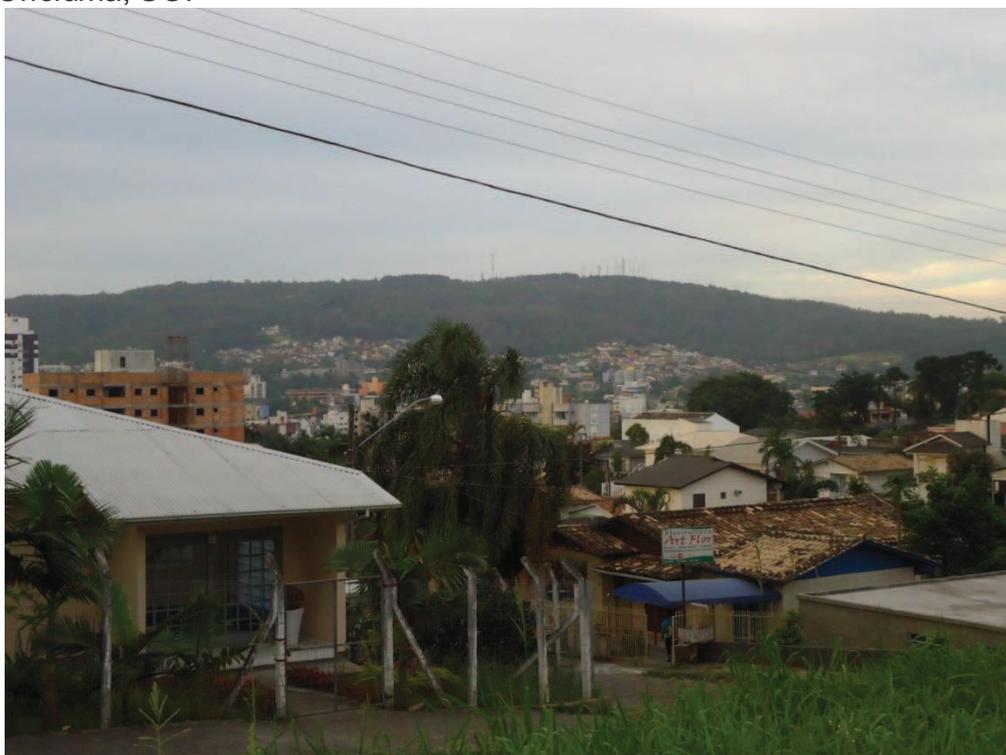
respectivamente, parte dos bairros Pinheirinho e Arquimedes Napolini, onde o risco para ocupação é considerado baixo.

Figura 21 - Área de baixo risco de danos estruturais no bairro Pinheirinho, em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 22 - Área de baixo risco de danos estruturais, representada ao fundo, pelo Morro Cechinel, no bairro Arquimedes Napolini, em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Identifica-se que as ocupações sobrepostas às áreas de baixo risco constituem-se em urbanização horizontal, composta por residências, em sua maioria, de um, dois e três pavimentos. E, no caso do Morro Cechinel, a ocupação é limitada por ser uma área de proteção ambiental, além de contar com lotes de tamanho maior, dispondo de poucas construções instaladas.

Apenas uma área foi classificada como de muito baixo risco. O local recebeu essa classificação por ter sido realizada lavra com recuperação de

pilares em subsolo, e já haver acontecido o caimento, ou seja, a subsidência já ocorreu, e as condições geológicas do terreno já estão estáveis, logo, pode ser utilizada para diversas finalidades, e voltar a ser ocupada. O local é representado pela figura 23.

Figura 23 - Área de muito baixo risco de danos estruturais no bairro Vila Macarini em Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Permanece como área de risco, devido ao seu entorno ter sido minerado em subsolo, sem remoção dos pilares de sustentação, assim, está rodeada de áreas sujeitas à ocorrência de subsidências, que podem danificar as condições hidrogeológicas da área de muito baixo risco. Pois, podem ser criados caminhos preferenciais para a água subterrânea, e haver o secamento de poços ou açudes, ainda que imediatamente abaixo, o risco não exista, basta que exista no entorno, para que o impacto seja propagado e conecte com o aquífero subterrâneo.

O ideal seria a adoção de medidas de mitigação, tratamento e reabilitação, para que as atividades humanas, desenvolvidas em superfície, não fiquem sujeitas à instabilidade dos solos ou a outros riscos que afetem à segurança pública, associados às atividades de mineração. Conforme as sugestões feitas por Krebs (2013), alternativas para evitar e minimizar danos vão desde a incorporação de membranas à prova de gás dentro de edificações, evitando a contaminação por metano, até o tratamento de forma mais criteriosa das questões estruturais de minas de carvão pouco profundas, a fim de garantir a estabilidade do solo e das rochas.

Logo, o mapa de risco permitiu a análise e determinação dos locais, que devem ter seus usos do solo restringidos, uma vez que, expõem construções ao risco principalmente de subsidências, e rebaixamento de aquíferos subterrâneos.

O resultado do mapa serve de base para projetos de planejamento físico-territorial do Município, a fim de constituir mais uma fonte de informações

fundamentais para determinação dos locais menos adequados ao desenvolvimento da cidade. Além disso, serve como ferramenta de consulta para empreendimentos que desejam se instalar no Município, já que, expõe dados que facilitam a escolha dos locais mais adequados para o uso urbano.

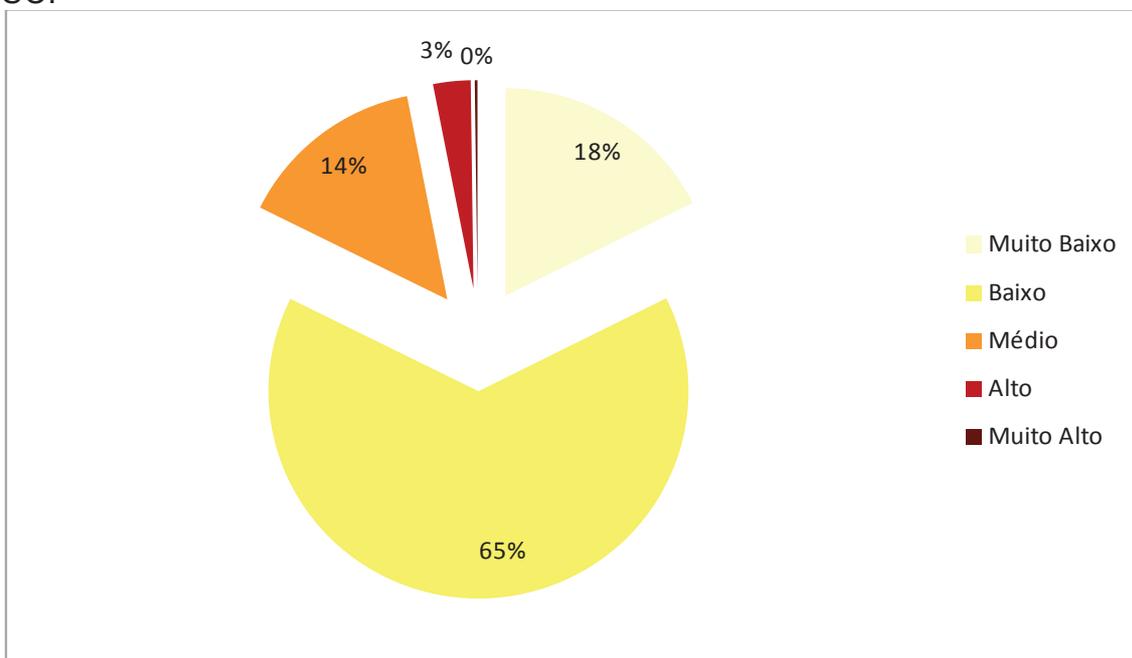
5.9 MAPA DE CONFLITOS ENTRE O GRAU DE OCUPAÇÃO URBANA PROPOSTO PELO PLANO DIRETOR MUNICIPAL E O RISCO DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE ÁREAS MINERADAS EM SUBSOLO

O mapa de Conflitos Entre o Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano Diretor Municipal e o Risco de Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo (Apêndice J), evidencia a ausência de comprometimento do plano diretor municipal, com os fatores de risco de ocupação urbana para Criciúma.

Este mapa contrasta os riscos provenientes das áreas mineradas em subsolo, com a ocupação futura, proposta conforme os parâmetros urbanísticos do plano diretor municipal. Dessa forma, o mapa apresenta a localização dos pontos, onde tende a ocorrer mais problemas futuramente, com vista à alta taxa de ocupação proposta e existente nessas áreas, sobre zonas de riscos oriundos da mineração de subsuperfície.

A escala de risco de conflitos, aplicada ao Município de Criciúma, seguiu a proporção da figura 24 abaixo, onde o risco muito baixo representou 9,26 km²; baixo 33,98 km²; médio 7,67 km²; alto 1,51 km²; e, muito alto 0,11 km².

Figura 24 – Gráfico da relação quantificada entre as cinco categorias de conflito de ocupação urbana e áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma, SC.



Fonte: Do autor, 2013.

Deve-se destacar que, a grande maioria das áreas foram consideradas de baixo risco de conflito, devido à ocupação proposta pelo plano diretor para essas áreas, determinar construções horizontalizadas, de baixos pavimentos, que dispõe de menores riscos associados. Além disso, os locais onde a lavra mineral em subsolo ocorreu a profundidades maiores, também ficaram enquadrados na escala de baixo risco. No entanto, há que se comentar que o risco baixo de conflito não exime a área de cuidados quanto à ocupação, conforme já comentado na análise do mapa anterior, onde mesmo em lavras que ocorrem a grandes profundidades, houve o registro de reflexos da subsidência na superfície.

Também as áreas onde o risco foi considerado muito baixo, nota-se que ocorreram principalmente sobre Z-APA, ou seja, o risco de conflito para esses locais foi considerado muito baixo, pois o plano já prevê a ocupação bastante restrita dessas áreas, uma vez que, tratam-se de zonas de proteção ambiental.

A restrição de ocupação dessas áreas ocorre pelo apelo de preservar recursos hídricos e florestais, principalmente. No entanto, ao ter sido minerada em subsolo, essas regiões correm o risco de apresentarem

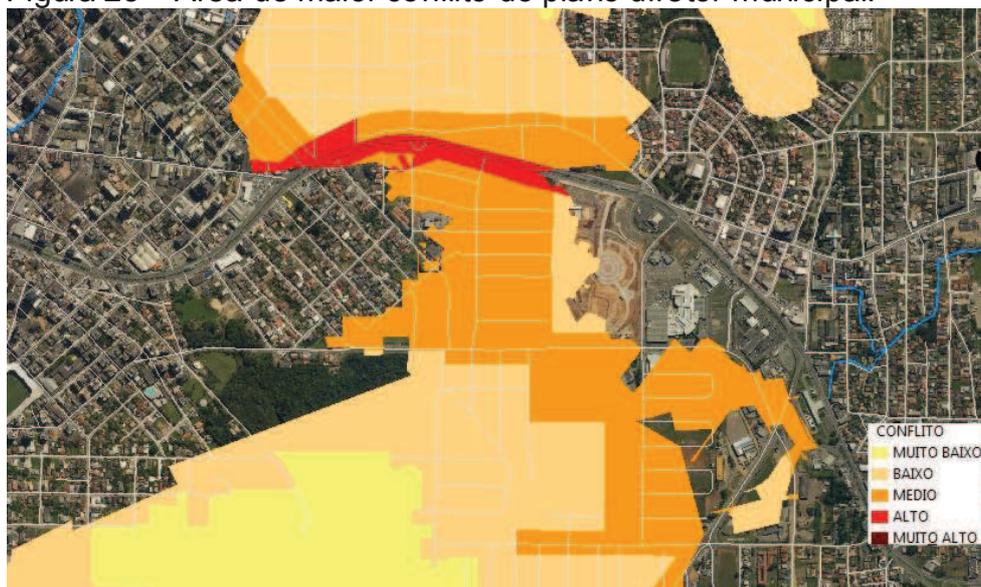
rebaixamento do lençol freático, já que as deformações resultantes de subsidências e instabilidades geológicas formam passagens preferenciais para a água subterrânea, e podem direcioná-las para o interior das minas. Portanto, verifica-se que o risco continua existindo, ainda que sem a ocorrência de ocupações urbanas. Ademais, a existência de antigas lavras sob essas áreas, corresponde a um motivo extra, para que seja mantido o uso restritivo da Z-APA.

As áreas onde se identificou risco médio de conflito, correspondem principalmente, àquelas marginais a rodovias, avenidas, e vias de importância do Município, onde o zoneamento permite a construção de edifícios mais altos, e densa ocupação demográfica sobre áreas mineradas. O fato agrava o risco de conflito, pois quando o dano ocorre em áreas com maior incidência populacional, acaba atingindo um número maior de pessoas, por consequência, o conflito é agravado.

O risco alto de conflito foi atribuído às áreas onde houve sobreposição de camadas mineradas, bem como, onde o plano diretor permite ocupação industrial e residencial, de dois, quatro, oito, dez e até dezesseis pavimentos sobre áreas mineradas. O risco alto se manifesta nos bairros Ana Maria, Recanto Verde, Fábio Silva, São Luiz, Primeira Linha, Pinheirinho, Jardim Angélica, Sangão, Morro Estevão e Nossa Senhora do Carmo.

O mapa permitiu identificar a zona de maior conflito do plano diretor, onde fica evidente a ausência de estudos aprofundados para determinação do zoneamento. Apesar de ter se estendido por mais de dez anos de discussão, o plano ainda carrega algumas escolhas inadequadas para um projeto de planejamento. A área de maior conflito está representada na figura 25, próxima ao Parque das Nações e ao Criciúma Shopping.

Figura 25 – Área de maior conflito do plano diretor municipal.



Fonte: Do autor, 2013.

Apesar de não possuir áreas de risco muito alto, trata-se da região mais conflitante, pois permite a construção de edifícios de até dezesseis pavimentos, sobre áreas onde houve mineração em subsolo. Logo, fica evidente o comprometimento das escolhas tomadas no plano diretor de Criciúma.

Agregar o peso de uma edificação de dezesseis pavimentos, sobre área minerada, constitui um risco muito grande à instabilidade geológica do local, uma vez que, os pilares de sustentação da mina foram projetados para suportar apenas o peso do maciço rochoso.

O mesmo ocorre para as áreas de muito alto risco de conflito, uma vez que, são permitidos até cinco pavimentos sobre áreas mineradas. O risco é considerado maior para essas áreas, pois tiveram duas camadas de carvão lavradas. Ou seja, o risco é agravado, pois a instabilidade geológica associada é maior.

O plano diretor municipal deveria considerar a possibilidade real de ocorrência de subsidência nessas áreas, a fim de evitar que resultem em problemas para toda a sociedade.

Caso uma subsidência, em sua curvatura, atinja um pilar de fundação de um prédio, este pode ter toda a sua extensão comprometida. O resultado pode ser a interdição do edifício, gerando prejuízos aos moradores, além de uma série de processos judiciais, tanto contra a própria prefeitura, por

não ter impedido a construção, e conseqüentemente, a exposição ao risco, como também, contra a empresa construtora da obra, que deveria ter investigado a fundo as condições de suporte do ambiente, além da empresa mineradora, que tem o dever de realizar as lavras sem prejudicar a segurança da população e o meio ambiente.

Então, percebe-se que os gestores públicos falharam ao aprovar o plano diretor com a definição de zoneamento equivocada em algumas áreas do Município, o que pode vir a gerar uma série de conflitos futuros, além dos atuais, já demonstrado pelo mapa de registros de danos estruturais e patrimoniais.

Logo, reconhece-se a necessidade de mudanças no plano diretor vigente, a fim de evitar a ocorrência futura de conflitos.

Os usos permitidos sobre áreas mineradas devem ser restritos a atividades que não sofram tanto impacto, caso aconteça uma subsidência. De forma a não lesar particulares, os quais não receberam a informação de existência de mina subterrânea, quando da compra de seu terreno. Esses usos devem priorizar a atribuição de pouco peso às estruturas mineiras em subsolo.

Outra opção, viável apenas para as regiões onde a lavra foi próxima à superfície, é fazer as fundações de construções abaixo das galerias, garantindo a estabilidade da edificação.

Com esse mapa, fica evidente a necessidade de realização de furos de sondagem, para que se verifique a existência de galerias, bem como, sua profundidade. É fundamental a realização de amostragens, anteriormente ao início das obras de construção, principalmente de edifícios com número maior de pavimentos. Todavia, o recomendado é a realização de sondagens antes mesmo da aquisição de terrenos no Município.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho vem a contribuir como subsídio, para que se inicie um debate sobre a situação das áreas mineradas em subsolo, e o conflito com a ocupação urbana sobreposta.

Isso porque, o número de pessoas, que tiveram seu patrimônio lesado, por danos resultantes da mineração de carvão em subsuperfície no Município, cresce continuamente, devido ao emprego de técnicas pouco adequadas à mineração na época, e à ausência de comprometimento de planos diretores municipais anteriores, por meio da falha dos gestores públicos da época, que detinham o poder de decisão sobre o futuro da cidade, e estimularam a ocupação dessas áreas de risco.

A utilização de SIGs para elaboração deste trabalho mostrou-se uma ferramenta bastante eficiente, automatizando tarefas que, antigamente, eram realizadas manualmente, e facilitando a realização de análises complexas, por meio da integração de dados oriundos de diversas fontes. Trata-se de um instrumento eficaz para estudos na área de planejamento ambiental.

Por sua vez, o método de suporte à decisão por análise hierárquica de variáveis, também se mostrou bastante útil e adequado a processos de planejamento, pois transforma em números, condições que antes eram subjetivas. A vantagem da sua aplicação está em quantificar elementos de forma a subsidiar análises e modelagens.

O trabalho mostrou que, a integração de dados espaciais em ambiente SIG, para subsídio a processos de planejamento e análise de risco, é uma técnica bastante satisfatória, pois permite a mensuração e hierarquização dos riscos associados.

O estudo visou o desenvolvimento e utilização de uma metodologia de integração de dados, capaz de diminuir o tempo necessário à realização de uma análise de risco de ocupação e, demonstra a necessidade de incluir a espacialização dos riscos provenientes da existência de minas subterrâneas, como requisito fundamental no planejamento urbano de Criciúma.

Através da produção deste trabalho, foi possível identificar que no Município de Criciúma, a maioria das áreas mineradas está com sua superfície

já ocupada. Todavia, essa ocupação não foi precedida de estudos de viabilidade, e ocorreu sem qualquer tipo de controle, muitas vezes, por nem mesmo se conhecer os limites das áreas mineradas. Logo, conclui-se que, pela quantidade de áreas mineradas, e áreas urbanizadas coincidentes, cabe um estudo mais aprofundado sobre a relação de influência existente entre elas, de modo a evitar ou minimizar a ocorrência futura de conflitos e de danos patrimoniais e ambientais.

A conclusão desse trabalho visa auxiliar planejadores, gestores públicos, sociedade civil, empreendedores e órgãos fiscalizadores, uma vez que, permite identificar os locais minerados, para que cada proprietário disponha da opção de decidir se deseja ocupar a superfície de uma área minerada ou não, estando ciente do risco associado.

Os mapas constituem ferramentas para estimular a discussão quanto aos usos propostos, e repensar o que Criciúma almeja para seu futuro.

É importante ressaltar que, cabe a execução de uma série de estudos complementares, a fim de proporcionar confiabilidade de dados para subsidiar tomadas de decisões. Sendo que, a elaboração deste mapa, deve ser aperfeiçoada com a inclusão de novas informações, e produção de outras pesquisas.

O trabalho resulta na apresentação e aplicação de um instrumento para subsidiar tomadas de decisões racionais e efetivas, nos locais de risco de danos, permitindo verificar a viabilidade de empreendimentos. Ou seja, consiste em uma ferramenta de planejamento ambiental.

É fundamental que seja definida uma faixa de segurança ao entorno das áreas mineradas, de modo a promover seu uso restrito, devido à possibilidade de ocorrência de subsidência. Em um estudo realizado por Krebs, Dias e Viero (1994), apontam que a faixa de segurança deve ser calculada a partir de um ângulo de 45°, uma vez que, a zona de influência sujeita à subsidência é oblíqua, o que expande as áreas sujeitas a riscos além dos limites cartografados.

A partir da elaboração deste estudo, percebeu-se a dificuldade de identificação e delimitação das minas mais antigas, sendo que muitos documentos e registros de interesse foram perdidos com o tempo, e outros

destruídos por um incêndio que atingiu o escritório da Carbonífera Próspera S.A., dando fim a uma série de dados de suma importância e interesse social.

Ao se desprover do conhecimento da existência das minas de subsuperfície, seus limites e profundidades aproximados, o ideal seria a execução de ensaios geofísicos, para correta delimitação dos vazios, e identificação exata dos limites das minas.

Além destes, existe uma série de estudos que seriam indicados, para subsidiar projetos de planejamento urbano, apropriados às características do Município, optando pelos usos que expõem a população a menores riscos.

A elaboração deste trabalho foi limitada pelo tempo de execução, e pela falta de informações disponíveis. Logo, não foi possível coletar todos os dados pertinentes às áreas mineradas em subsolo no Município. Assim, a produção deste estudo abre a possibilidade para trabalhos futuros de complementação, elencados conforme segue: realização de pesquisa bibliográfica e de campo, por geofísica, visando à elaboração de um levantamento relativo às dimensões, profundidade e limites das galerias das minas de subsuperfície de Criciúma. Essa informação é pertinente, para que se saiba o estado no qual se encontram as galerias, bem como, qual a área máxima na superfície, que poderia ser atingida por uma subsidência, além de proporcionar o limite exato das minerações, e ainda permitir a descoberta de novas minas que não estão catalogadas; elaboração de um mapa do grau de cargas incidentes pelas construções sobre áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma, a fim de identificar qual o peso médio agregado sobre os pilares, oriundo das construções em superfície; produção de um mapa contendo a densidade populacional sobre áreas mineradas em subsolo no Município de Criciúma, com o intuito de identificar as áreas com maior concentração de habitantes, onde a ocorrência de um dano atingiria um número grande de indivíduos, logo, tende a existir um conflito maior nesses locais; levantamento das datas de operação das minas, com início e término, a fim de calcular qual o tempo de vida restante dos pilares; levantamento da localização e características das subsidências que ocorreram no Município, a fim de subsidiar estudos relativos à identificação das áreas mais suscetíveis à ocorrência; inclusão de mais variáveis para o modelo de risco como o índice de pluviometria, falhas e fraturas, o grau de inclinação do terreno, a

permeabilidade do maciço, a existência de estruturas comunicantes (fraturas, falhas), o grau de impermeabilização do terreno (quanto maior melhor, pois evita o acúmulo de água no terreno, que significa peso a ser sustentado pelos pilares das minas), disponibilidade de rede de captação de água pluvial (retira a água do local rapidamente, evitando o sobrepeso nos pilares de sustentação das minas); entre muitos outros.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Cláudia de. **Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP), Brasil**. São Paulo: INPE, 2003.

BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1997. 157 p. Dissertação (Mestrado) – Sensoriamento Remoto. INPE, São José dos Campos, 1997.

BENDO, Renata. **Reconfiguração urbana da Praça Santa Bárbara: espaço público e vivência no cotidiano**. 2010. 42 f. Dissertação (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, UNESC, Criciúma, 2010.

BHMN. Base de Hidrografia da Marinha em Niterói. Cap. 2. **Projeções cartográficas**; a carta náutica. Niterói: Marinha do Brasil, s.d. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap2a.pdf>>. Acesso em: 22 ago 2013.

BELOLLI, Mário; QUADROS, Joice; GUIDI, Ayser. **Histórico do Carvão de Santa Catarina**. Criciúma: Meg, 2010. v. 2. 315 p.

BRASIL. CPRM. **Programa carvão energético do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 1981.

BRASIL. DNPM. Ministério de Minas e Energia. **Métodos de lavra de carvão no Brasil, subsolo e céu aberto**. Brasília: DNPM, 1984. 50 p.

BRASIL. DNPM. Ministérios de Minas e Energia. **Mineração de Carvão**. Criciúma: DNPM, s.d.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 11 jul 2001. Seção 1, p. 1.

CAETANO, Antônio Carlos. Proposta de modelo de triagem em licenciamento ambiental para atividades minerárias de baixo impacto no Brasil. **Ministério de Minas e Energia**. Brasília: MMA, 2006. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir934/RelatConsultoriaApresentadoaoMME_BaixolImpacto.pdf>. Acesso em: 02 ago 2013.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Cap. 2. São José dos Campos: INPE, 1996.

CÂMARA, Gilberto, et al. **SPRING: integrating remote sensing and gis by objectoriented data modelling**. São José dos Campos: INPE, 1996. 17 p.

CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL. **O que é planejamento urbano?**. Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://santacruz.rs.gov.br/geo/geo/plan.htm>>. Acesso em: 03 ago 2013.

CORDEIRO, João Pedro; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria; CÂMARA, Gilberto. **Introdução à ciência da geoinformação**. Cap. 8. São José dos Campos: INPE, 2007.

CRICIÚMA. **Criciúma amor e trabalho**. Itajaí: Malusan, 1978.

CRICIÚMA. Lei complementar nº 095, 28 de dezembro de 2012. Institui o Plano Diretor Participativo do Município – PDPM, e dá outras Providências. **Paço Municipal Marcos Rovaris**, Criciúma, SC, 28 dez 2012.

CRICIÚMA. Lei nº 1977, de 12 de julho de 1984. Enquadra Area que Especifica na Zona de Densidade Média na Planta do Plano Diretor Urbano. **Paço municipal Marcos Rovaris**, Criciúma, SC, 02 ago 1984.

DUARTE, Paulo Araújo. **Cartografia temática**. Florianópolis: UFSC, 1991. 145 p.

DUARTE, Paulo Araújo. **Fundamentos de cartografia**. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2006. 208 p.

FITZ, Paulo Roberto. **Cartografia básica**. Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 143 p.

GIS PRIMER. **Gis concepts**: Vector Data Models. Disponível em: <<http://gis.nic.in/gisprimer/data4.html>>. Acesso em: 21 set 2013.

GRUPO MAPA DE RISCO. **Termo de referência**. Criciúma, 2013. 2 p. Em elaboração

IBGE. **Noções básicas de cartografia**: manuais técnicos em geociências. n.8. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 130 p.

IBGE. **Resolução nº 01, de 25 de fevereiro de 2005. Altera a caracterização do sistema geodésico brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf>. Acesso em: 21 ago 2013.

IBGE. **FAQ (Frequently asked questions – perguntas mais frequentes)**. Rio de Janeiro: IBGE, s.d. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso em: 21 ago 2013.

IBGE. **Censo demográfico 2010**. Criciúma. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=420460&search=santa-catarinalcriciumalinfograficos:-dados-gerais-do-municipio>>. Acesso em: 28 out 2013.

IBGE. **Cartografia**. Área Territorial Oficial: Criciúma. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.php?nome=Crici%FAma&codigo=&submit.y=6>>. Acesso em: 28 out 2013.

IPPUR. **Histórico e Especificidade do PUR/IPPUR**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano Regional. Rio de Janeiro: IPPUR, s.d. Disponível em: <http://www.ippur.ufrj.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=4>. Acesso em: 08 ago 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Geotecnologias**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/menu/Atuacao/geotecnologias.php>>. Acesso em: 08 ago 2013.

JFSC (Justiça Federal de Santa Catarina), IPAT (Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas). **Diagnóstico socioambiental de áreas degradadas pela mineração de carvão para a gestão integrada de bacias hidrográficas e unidades de conservação**: aplicação na interface formada

pela área de Proteção Ambiental da Baleia Franca e a Bacia Hidrografia do Rio Urussanga. Projeto Convênio. Disponível em: <<http://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2011/GTA-Estudo-do-Papel-dos-Sedimentos/GTA-Estudo-do-Papel-dos-Sedimentos-pdf-Relatorio-Final-MPF.htm>>. Acesso em: 05 ago 2013.

JOLY, Fernand. **A cartografia**. 5. ed. Campinas: Papirus, 2003. 136 p.

KREBS, Antonio Silva Jornada; DIAS, Adalbeto A.; VIERO, Ana Cláudia. **Áreas mineradas para carvão no município de Criciúma – SC**. 2 ed. Porto Alegre: CPRM, 1994. 31p.

KREBS, Eduardo Pereira. **Metodologia para análise de riscos ambientais em minas de carvão em subsolo utilizando integração de dados em ambiente SIG**: estudo de caso Mina C, Maracajá, SC. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia, UFRGS, Porto Alegre, 2013.

LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo. **Espaço Urbano Sustentável: planejamento, gestão territorial, tecnologia e inovação**. Florianópolis: Insular, 2012. 264 p.

LOCH, Ruth E. Nogueira. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: UFSC, 2006. 314 p.

MILIOLI, Geraldo. A indústria de mineração de carvão no Brasil - Ideias para o futuro: o caso de Santa Catarina. In: MILIOLI, Geraldo; SANTOS, Robson Dos; CITADIN-ZANETTE, Vanilde. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no Sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar**. Curitiba: Juruá, 2009. Seção 3, p. 275-302.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 425p.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2 .ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005. 294 p.

NERIS, Fabiano Luiz. **Análise da qualidade geométrica de diferentes bases cartográficas para o cadastro técnico multifinalitário urbano**. 2004. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação

em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NERIS, Fabiano Luiz. **Curso de ArcGis**. Módulo1: Geoprocessamento utilizando o ArcGis. 2011. 94 p.

PAMPLONA, Edson de; SALOMON, Valério Antônio Plamplona; MONTEVECHI, José Arnaldo Bana. **Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica**. 19º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Rio de Janeiro, 1999.

PASSOS, Aderson Campos. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Elétrica. PUC, Rio de Janeiro, 2010.

PEDROSA, Bianca Maria. **Ambiente Computacional para Modelagem Espacial Dinâmica**. Cap. 2. São José dos Campos: INPE, 2003.

PORTO, Éder Pereira. **Planos diretores e (re)produção do espaço urbano no município de Criciúma: a produção da cidade e sua regulação legal**. 2008. 225 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade. UFSC, Florianópolis, 2008.

PREIS, Eduardo. **Plano diretor participativo de Criciúma/SC: uma década de conflitos**. 2012. 182 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia. UFSC, Florianópolis, 2012.

ROSA, Rodrigo Diomário da. **Bacia hidrográfica**. Criciúma, s.d. 9 p. Trabalho não publicado.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luís Silva. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia, 1996. 104 p.

RIO DESERTO. **Plano de Lavra Anual**: Mina do Trevo. Criciúma: Rio Deserto, 2000.

SATC – EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA. **Geoprocessamento e Meio Ambiente**: apresentação. Criciúma. Disponível em:

<http://www.portalsatc.com/site/interna_curso.php?i_grupo=140>. Acesso em: 05 ago 2013.

SILVA JÚNIOR, Ubirajara de Castro. **Proposta para o desenvolvimento de uma ortofotocarta atualizada da UFMG**. 2004. 44 p. Monografia (Pós-Graduação) – Especialização e Geoprocessamento, UFMG, Belo Horizonte, 2004.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Modelagem de dados espaciais**. Belo Horizonte: UFMG. 2000.

TERC. *Eyes in the Sky II. Module 2. Week 5: Monitoring Invasive Species*. Massachusetts: TERC, 2011. Disponível em: <http://serc.carleton.edu/eyesinthesky2/week5/intro_gis.html>. Acesso em: 28 set 2013.

ANEXO

ANEXO A – Grupo de Mapa de Risco

CONCEITOS**RISCO**

O TERMO RISCO FAZ REFERÊNCIA À AMEAÇA OU CONTINGÊNCIA DE QUE UM EVENTO OU AÇÃO POSSA CAUSAR UM DANO. NO ENTANTO, NÃO SIGNIFICA CERTEZA, POIS A PRESENÇA DE UM FATOR DE RISCO NÃO IMPLICA A OCORRÊNCIA DO EVENTO.

MAPA DE RISCO

REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA OU GRÁFICA DOS RISCOS DE DANOS AOS RECURSOS NATURAIS E PATRIMONIAIS DECORRENTES DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA DE CARVÃO.

CATEGORIZAÇÃO DAS CAMADAS DE DADOS A SEREM CONSIDERADAS NA ELABORAÇÃO DO MAPA DE RISCO

ESPESSURA DA COBERTURA : RISCO DE SUBSIDÊNCIA POR COLAPSO DOS PILARES OU DA COBERTURA

- MENOR OU IGUAL A 30 METROS= RISCO ALTO
- MAIOR QUE 30 METROS E MENOR QUE 60 METROS = RISCO MÉDIO
- MAIOR QUE 60 METROS = RISCO BAIXO

GEOLOGIA ESTRUTURAL: RISCO DE REDUÇÃO OU PERDA DOS RECURSOS HÍDRICOS POR INFILTRAÇÕES DA ÁGUA PELAS MDESONTINUIDADES

- INTERSEÇÃO DE FALHAS, FRATURAS E CORPOS ÍGNEOS: RISCO ALTO
- OCORRÊNCIA DE FALHAS, FRATURAS E INTRUSÕES DE CORPOS ÍGNEOS: RISCO MÉDIO
- AUSÊNCIA DE ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DE ORIGEM TECTÔNICA: RISCO BAIXO

HIDROGEOLOGIA RELACIONADA COM A CARACTERIZAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE VERTICAL OU COM A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DA COBERTURA (K) ATRAVÉS DE ENSAIOS EM LABORATÓRIO OU TESTES DE BOMBEAMENTO: RISCO DE REDUÇÃO OU PERDA DOS RECURSOS HÍDRICOS POR INFILTRAÇÕES DA ÁGUA PELOS ESPAÇOS INTERGRANULARES

- QUANDO K FOR MAIOR OU IGUAL A 10^{-5} cm/s = RISCO ALTO
- QUANDO K FOR MAIOR QUE 10^{-7} cm/s E MENOR QUE 10^{-5} cm/s= RISCO MÉDIO
- QUANDO K FOR MENOR OU IGUAL A 10^{-7} cm/s = RISCO BAIXO

OBJETO

TERMO DE REFERÊNCIA PARA A ELABORAÇÃO DE MAPA DE RISCO PARA A MINERAÇÃO DE CARVÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

RISCOS ASSOCIADOS

- 1) RUÍDOS
- 2) VIBRAÇÕES
- 3) POEIRA
- 4) RECURSOS HÍDRICOS
- 5) ESTABILIDADE DE EDIFICAÇÕES (RESIDÊNCIAS, ESTRADAS DE RODAGEM, ESTRADA DE FERRO, LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA, CEMITÉRIO, TORRES DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA, ETC)
- 6) SUBSIDÊNCIA

CAMADAS DE DADOS A SEREM CONSIDERADOS NA ELABORAÇÃO DO MAPA DE RISCO

- 1) COBERTURA
- 2) GEOLOGIA ESTRUTURAL (FALHAS, FRATURAS, INTRUSÕES)
- 3) ESTABILIDADE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA
- 4) HIDROGEOLOGIA (VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS AQUÍFEROS)
- 5) MÉTODO DE DESMONTE (EXPLOSIVO, MINERADOR)
- 6) TIPO DE LAVRA (MONOCAMADA OU MULTICAMADAS)
- 7) QUALIDADE GEOMECÂNICA DAS CAMADAS DE CARVÃO E ENCAIXANTES

LEVANTAMENTOS NECESSÁRIOS

- 1) GEOLOGIA
- 2) HIDROGEOLOGIA
- 3) RESISTÊNCIA GEOMECÂNICA DAS CAMADAS DE CARVÃO E ENCAIXANTES
- 4) PLANI-ALTIMETRIA CADASTRAL (EDIFICAÇÕES E TODOS OS PONTOS DE ÁGUA EXISTENTES)
- 5) PESQUISA (SONDAGENS E OUTROS MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO COMO A GEOFÍSICA)

CATEGORIZAÇÃO DOS RISCOS

- 1) BAIXO
- 2) MÉDIO
- 3) ALTO

APÊNDICES

APÊNDICE A – Quadro das notas de risco de danos estruturais e patrimoniais,
no Município de Criciúma, calculado pelo método de suporte à decisão AHP

(Continua)

FID	RP	SAM	EC	NOTA	FID	RP	SAM	EC	NOTA	FID	RP	SAM	EC	NOTA
224	10	10	10	10	584	10	2,5	2,5	3,6025	594	5	2,5	2,5	2,8675
45	10	10	10	10	582	10	2,5	2,5	3,6025	587	5	2,5	2,5	2,8675
43	10	10	10	10	579	10	2,5	2,5	3,6025	585	5	2,5	2,5	2,8675
42	10	10	10	10	577	10	2,5	2,5	3,6025	583	5	2,5	2,5	2,8675
40	10	10	10	10	575	10	2,5	2,5	3,6025	578	5	2,5	2,5	2,8675
30	10	10	10	10	571	10	2,5	2,5	3,6025	576	5	2,5	2,5	2,8675
27	10	10	10	10	567	10	2,5	2,5	3,6025	574	5	2,5	2,5	2,8675
26	10	10	10	10	566	10	2,5	2,5	3,6025	569	5	2,5	2,5	2,8675
23	10	10	10	10	565	10	2,5	2,5	3,6025	561	5	2,5	2,5	2,8675
21	10	10	10	10	562	10	2,5	2,5	3,6025	557	5	2,5	2,5	2,8675
20	10	10	10	10	559	10	2,5	2,5	3,6025	555	5	2,5	2,5	2,8675
485	10	10	5	9,58	556	10	2,5	2,5	3,6025	553	5	2,5	2,5	2,8675
428	10	10	5	9,58	554	10	2,5	2,5	3,6025	551	5	2,5	2,5	2,8675
426	10	10	5	9,58	552	10	2,5	2,5	3,6025	546	5	2,5	2,5	2,8675
424	10	10	5	9,58	550	10	2,5	2,5	3,6025	545	5	2,5	2,5	2,8675
423	10	10	5	9,58	548	10	2,5	2,5	3,6025	544	5	2,5	2,5	2,8675
420	10	10	5	9,58	547	10	2,5	2,5	3,6025	543	5	2,5	2,5	2,8675
382	10	10	5	9,58	539	10	2,5	2,5	3,6025	540	5	2,5	2,5	2,8675
380	10	10	5	9,58	534	10	2,5	2,5	3,6025	537	5	2,5	2,5	2,8675
375	10	10	5	9,58	533	10	2,5	2,5	3,6025	530	5	2,5	2,5	2,8675
326	10	10	5	9,58	531	10	2,5	2,5	3,6025	213	5	2,5	2,5	2,8675
298	10	10	5	9,58	529	10	2,5	2,5	3,6025	209	5	2,5	2,5	2,8675
281	10	10	5	9,58	525	10	2,5	2,5	3,6025	207	5	2,5	2,5	2,8675
280	10	10	5	9,58	519	10	2,5	2,5	3,6025	199	5	2,5	2,5	2,8675
278	10	10	5	9,58	513	10	2,5	2,5	3,6025	196	5	2,5	2,5	2,8675
238	10	10	5	9,58	508	10	2,5	2,5	3,6025	192	5	2,5	2,5	2,8675
236	10	10	5	9,58	507	10	2,5	2,5	3,6025	189	5	2,5	2,5	2,8675
689	10	10	2,5	9,37	506	10	2,5	2,5	3,6025	186	5	2,5	2,5	2,8675
682	10	10	2,5	9,37	505	10	2,5	2,5	3,6025	183	5	2,5	2,5	2,8675
680	10	10	2,5	9,37	504	10	2,5	2,5	3,6025	182	5	2,5	2,5	2,8675
677	10	10	2,5	9,37	503	10	2,5	2,5	3,6025	178	5	2,5	2,5	2,8675
676	10	10	2,5	9,37	502	10	2,5	2,5	3,6025	176	5	2,5	2,5	2,8675
634	10	10	2,5	9,37	501	10	2,5	2,5	3,6025	173	5	2,5	2,5	2,8675
632	10	10	2,5	9,37	500	10	2,5	2,5	3,6025	171	5	2,5	2,5	2,8675
630	10	10	2,5	9,37	499	10	2,5	2,5	3,6025	169	5	2,5	2,5	2,8675
590	10	10	2,5	9,37	498	10	2,5	2,5	3,6025	167	5	2,5	2,5	2,8675
542	10	10	2,5	9,37	497	10	2,5	2,5	3,6025	164	5	2,5	2,5	2,8675
541	10	10	2,5	9,37	215	10	2,5	2,5	3,6025	163	5	2,5	2,5	2,8675

(Continua)

532	10	10	2,5	9,37	208	10	2,5	2,5	3,6025	158	5	2,5	2,5	2,8675
188	10	10	2,5	9,37	204	10	2,5	2,5	3,6025	157	5	2,5	2,5	2,8675
175	10	10	2,5	9,37	695	10	2,5	2,5	3,6025	155	5	2,5	2,5	2,8675
159	10	10	2,5	9,37	690	10	2,5	2,5	3,6025	152	5	2,5	2,5	2,8675
113	10	10	2,5	9,37	688	10	2,5	2,5	3,6025	674	5	2,5	2,5	2,8675
70	10	10	2,5	9,37	687	10	2,5	2,5	3,6025	673	5	2,5	2,5	2,8675
67	10	10	2,5	9,37	686	10	2,5	2,5	3,6025	672	5	2,5	2,5	2,8675
61	10	10	2,5	9,37	681	10	2,5	2,5	3,6025	669	5	2,5	2,5	2,8675
59	10	10	2,5	9,37	679	10	2,5	2,5	3,6025	668	5	2,5	2,5	2,8675
54	10	10	2,5	9,37	678	10	2,5	2,5	3,6025	667	5	2,5	2,5	2,8675
52	10	10	2,5	9,37	670	10	2,5	2,5	3,6025	665	5	2,5	2,5	2,8675
225	5	10	10	9,265	658	10	2,5	2,5	3,6025	664	5	2,5	2,5	2,8675
87	5	10	10	9,265	639	10	2,5	2,5	3,6025	663	5	2,5	2,5	2,8675
85	5	10	10	9,265	638	10	2,5	2,5	3,6025	662	5	2,5	2,5	2,8675
84	5	10	10	9,265	636	10	2,5	2,5	3,6025	661	5	2,5	2,5	2,8675
83	5	10	10	9,265	635	10	2,5	2,5	3,6025	660	5	2,5	2,5	2,8675
82	5	10	10	9,265	633	10	2,5	2,5	3,6025	659	5	2,5	2,5	2,8675
479	5	10	5	8,845	631	10	2,5	2,5	3,6025	657	5	2,5	2,5	2,8675
478	5	10	5	8,845	628	10	2,5	2,5	3,6025	656	5	2,5	2,5	2,8675
476	5	10	5	8,845	625	10	2,5	2,5	3,6025	655	5	2,5	2,5	2,8675
469	5	10	5	8,845	624	10	2,5	2,5	3,6025	654	5	2,5	2,5	2,8675
466	5	10	5	8,845	622	10	2,5	2,5	3,6025	653	5	2,5	2,5	2,8675
453	5	10	5	8,845	620	10	2,5	2,5	3,6025	652	5	2,5	2,5	2,8675
449	5	10	5	8,845	617	10	2,5	2,5	3,6025	651	5	2,5	2,5	2,8675
445	5	10	5	8,845	611	10	2,5	2,5	3,6025	650	5	2,5	2,5	2,8675
442	5	10	5	8,845	610	10	2,5	2,5	3,6025	649	5	2,5	2,5	2,8675
438	5	10	5	8,845	600	10	2,5	2,5	3,6025	648	5	2,5	2,5	2,8675
436	5	10	5	8,845	597	10	2,5	2,5	3,6025	647	5	2,5	2,5	2,8675
435	5	10	5	8,845	226	5	2,5	10	3,4975	646	5	2,5	2,5	2,8675
433	5	10	5	8,845	223	5	2,5	10	3,4975	645	5	2,5	2,5	2,8675
429	5	10	5	8,845	96	5	2,5	10	3,4975	643	5	2,5	2,5	2,8675
416	5	10	5	8,845	95	5	2,5	10	3,4975	641	5	2,5	2,5	2,8675
333	5	10	5	8,845	91	5	2,5	10	3,4975	637	5	2,5	2,5	2,8675
332	5	10	5	8,845	90	5	2,5	10	3,4975	629	5	2,5	2,5	2,8675
311	5	10	5	8,845	89	5	2,5	10	3,4975	627	5	2,5	2,5	2,8675
297	5	10	5	8,845	88	5	2,5	10	3,4975	626	5	2,5	2,5	2,8675
283	5	10	5	8,845	86	5	2,5	10	3,4975	623	5	2,5	2,5	2,8675
279	5	10	5	8,845	81	5	2,5	10	3,4975	621	5	2,5	2,5	2,8675
277	5	10	5	8,845	80	5	2,5	10	3,4975	619	5	2,5	2,5	2,8675
275	5	10	5	8,845	79	5	2,5	10	3,4975	618	5	2,5	2,5	2,8675
640	5	10	2,5	8,635	78	5	2,5	10	3,4975	616	5	2,5	2,5	2,8675
573	5	10	2,5	8,635	77	5	2,5	10	3,4975	615	5	2,5	2,5	2,8675

(Continua)

570	5	10	2,5	8,635	76	5	2,5	10	3,4975	614	5	2,5	2,5	2,8675
564	5	10	2,5	8,635	47	5	2,5	10	3,4975	613	5	2,5	2,5	2,8675
563	5	10	2,5	8,635	46	5	2,5	10	3,4975	612	5	2,5	2,5	2,8675
558	5	10	2,5	8,635	35	5	2,5	10	3,4975	606	5	2,5	2,5	2,8675
212	5	10	2,5	8,635	33	5	2,5	10	3,4975	605	5	2,5	2,5	2,8675
211	5	10	2,5	8,635	31	5	2,5	10	3,4975	604	5	2,5	2,5	2,8675
210	5	10	2,5	8,635	22	5	2,5	10	3,4975	603	5	2,5	2,5	2,8675
148	5	10	2,5	8,635	16	5	2,5	10	3,4975	484	2,5	2,5	5	2,71
72	5	10	2,5	8,635	14	5	2,5	10	3,4975	418	2,5	2,5	5	2,71
644	5	10	2,5	8,635	12	5	2,5	10	3,4975	415	2,5	2,5	5	2,71
642	5	10	2,5	8,635	11	5	2,5	10	3,4975	414	2,5	2,5	5	2,71
406	2,5	10	5	8,4775	10	5	2,5	10	3,4975	413	2,5	2,5	5	2,71
581	2,5	10	2,5	8,2675	8	5	2,5	10	3,4975	411	2,5	2,5	5	2,71
538	2,5	10	2,5	8,2675	7	5	2,5	10	3,4975	405	2,5	2,5	5	2,71
536	2,5	10	2,5	8,2675	6	5	2,5	10	3,4975	401	2,5	2,5	5	2,71
535	2,5	10	2,5	8,2675	5	5	2,5	10	3,4975	399	2,5	2,5	5	2,71
528	2,5	10	2,5	8,2675	4	5	2,5	10	3,4975	398	2,5	2,5	5	2,71
206	2,5	10	2,5	8,2675	3	5	2,5	10	3,4975	397	2,5	2,5	5	2,71
202	2,5	10	2,5	8,2675	2	5	2,5	10	3,4975	396	2,5	2,5	5	2,71
179	2,5	10	2,5	8,2675	220	2,5	2,5	10	3,13	391	2,5	2,5	5	2,71
66	2,5	10	2,5	8,2675	219	2,5	2,5	10	3,13	390	2,5	2,5	5	2,71
64	2,5	10	2,5	8,2675	218	2,5	2,5	10	3,13	389	2,5	2,5	5	2,71
58	2,5	10	2,5	8,2675	216	2,5	2,5	10	3,13	385	2,5	2,5	5	2,71
50	2,5	10	2,5	8,2675	94	2,5	2,5	10	3,13	384	2,5	2,5	5	2,71
17	10	2,5	10	4,2325	92	2,5	2,5	10	3,13	291	2,5	2,5	5	2,71
15	10	2,5	10	4,2325	1	2,5	2,5	10	3,13	290	2,5	2,5	5	2,71
13	10	2,5	10	4,2325	320	5	2,5	5	3,0775	287	2,5	2,5	5	2,71
9	10	2,5	10	4,2325	316	5	2,5	5	3,0775	285	2,5	2,5	5	2,71
493	10	2,5	10	4,2325	310	5	2,5	5	3,0775	284	2,5	2,5	5	2,71
227	10	2,5	10	4,2325	303	5	2,5	5	3,0775	282	2,5	2,5	5	2,71
222	10	2,5	10	4,2325	302	5	2,5	5	3,0775	271	2,5	2,5	5	2,71
221	10	2,5	10	4,2325	301	5	2,5	5	3,0775	243	2,5	2,5	5	2,71
217	10	2,5	10	4,2325	299	5	2,5	5	3,0775	242	2,5	2,5	5	2,71
93	10	2,5	10	4,2325	296	5	2,5	5	3,0775	240	2,5	2,5	5	2,71
75	10	2,5	10	4,2325	289	5	2,5	5	3,0775	235	2,5	2,5	5	2,71
44	10	2,5	10	4,2325	288	5	2,5	5	3,0775	233	2,5	2,5	5	2,71
41	10	2,5	10	4,2325	286	5	2,5	5	3,0775	232	2,5	2,5	5	2,71
39	10	2,5	10	4,2325	276	5	2,5	5	3,0775	231	2,5	2,5	5	2,71
38	10	2,5	10	4,2325	274	5	2,5	5	3,0775	230	2,5	2,5	5	2,71
37	10	2,5	10	4,2325	273	5	2,5	5	3,0775	229	2,5	2,5	5	2,71
36	10	2,5	10	4,2325	272	5	2,5	5	3,0775	376	2,5	2,5	5	2,71
34	10	2,5	10	4,2325	270	5	2,5	5	3,0775	374	2,5	2,5	5	2,71

(Continua)

32	10	2,5	10	4,2325	269	5	2,5	5	3,0775	373	2,5	2,5	5	2,71
29	10	2,5	10	4,2325	268	5	2,5	5	3,0775	372	2,5	2,5	5	2,71
28	10	2,5	10	4,2325	267	5	2,5	5	3,0775	371	2,5	2,5	5	2,71
25	10	2,5	10	4,2325	266	5	2,5	5	3,0775	370	2,5	2,5	5	2,71
24	10	2,5	10	4,2325	265	5	2,5	5	3,0775	369	2,5	2,5	5	2,71
19	10	2,5	10	4,2325	264	5	2,5	5	3,0775	368	2,5	2,5	5	2,71
18	10	2,5	10	4,2325	263	5	2,5	5	3,0775	367	2,5	2,5	5	2,71
496	10	2,5	5	3,8125	262	5	2,5	5	3,0775	366	2,5	2,5	5	2,71
495	10	2,5	5	3,8125	261	5	2,5	5	3,0775	365	2,5	2,5	5	2,71
494	10	2,5	5	3,8125	260	5	2,5	5	3,0775	364	2,5	2,5	5	2,71
492	10	2,5	5	3,8125	259	5	2,5	5	3,0775	363	2,5	2,5	5	2,71
491	10	2,5	5	3,8125	258	5	2,5	5	3,0775	361	2,5	2,5	5	2,71
489	10	2,5	5	3,8125	256	5	2,5	5	3,0775	360	2,5	2,5	5	2,71
488	10	2,5	5	3,8125	255	5	2,5	5	3,0775	359	2,5	2,5	5	2,71
487	10	2,5	5	3,8125	254	5	2,5	5	3,0775	358	2,5	2,5	5	2,71
475	10	2,5	5	3,8125	253	5	2,5	5	3,0775	357	2,5	2,5	5	2,71
474	10	2,5	5	3,8125	252	5	2,5	5	3,0775	356	2,5	2,5	5	2,71
463	10	2,5	5	3,8125	251	5	2,5	5	3,0775	355	2,5	2,5	5	2,71
462	10	2,5	5	3,8125	250	5	2,5	5	3,0775	354	2,5	2,5	5	2,71
460	10	2,5	5	3,8125	249	5	2,5	5	3,0775	353	2,5	2,5	5	2,71
457	10	2,5	5	3,8125	248	5	2,5	5	3,0775	352	2,5	2,5	5	2,71
451	10	2,5	5	3,8125	247	5	2,5	5	3,0775	351	2,5	2,5	5	2,71
441	10	2,5	5	3,8125	245	5	2,5	5	3,0775	347	2,5	2,5	5	2,71
440	10	2,5	5	3,8125	477	5	2,5	5	3,0775	346	2,5	2,5	5	2,71
439	10	2,5	5	3,8125	473	5	2,5	5	3,0775	344	2,5	2,5	5	2,71
437	10	2,5	5	3,8125	472	5	2,5	5	3,0775	343	2,5	2,5	5	2,71
434	10	2,5	5	3,8125	471	5	2,5	5	3,0775	341	2,5	2,5	5	2,71
430	10	2,5	5	3,8125	470	5	2,5	5	3,0775	338	2,5	2,5	5	2,71
422	10	2,5	5	3,8125	468	5	2,5	5	3,0775	337	2,5	2,5	5	2,71
419	10	2,5	5	3,8125	467	5	2,5	5	3,0775	336	2,5	2,5	5	2,71
417	10	2,5	5	3,8125	465	5	2,5	5	3,0775	327	2,5	2,5	5	2,71
412	10	2,5	5	3,8125	464	5	2,5	5	3,0775	324	2,5	2,5	5	2,71
410	10	2,5	5	3,8125	461	5	2,5	5	3,0775	323	2,5	2,5	5	2,71
409	10	2,5	5	3,8125	459	5	2,5	5	3,0775	319	2,5	2,5	5	2,71
403	10	2,5	5	3,8125	458	5	2,5	5	3,0775	315	2,5	2,5	5	2,71
394	10	2,5	5	3,8125	456	5	2,5	5	3,0775	309	2,5	2,5	5	2,71
392	10	2,5	5	3,8125	455	5	2,5	5	3,0775	307	2,5	2,5	5	2,71
388	10	2,5	5	3,8125	454	5	2,5	5	3,0775	306	2,5	2,5	5	2,71
383	10	2,5	5	3,8125	452	5	2,5	5	3,0775	305	2,5	2,5	5	2,71
381	10	2,5	5	3,8125	450	5	2,5	5	3,0775	300	2,5	2,5	5	2,71
377	10	2,5	5	3,8125	448	5	2,5	5	3,0775	294	2,5	2,5	5	2,71
362	10	2,5	5	3,8125	447	5	2,5	5	3,0775	293	2,5	2,5	5	2,71

(Continua)

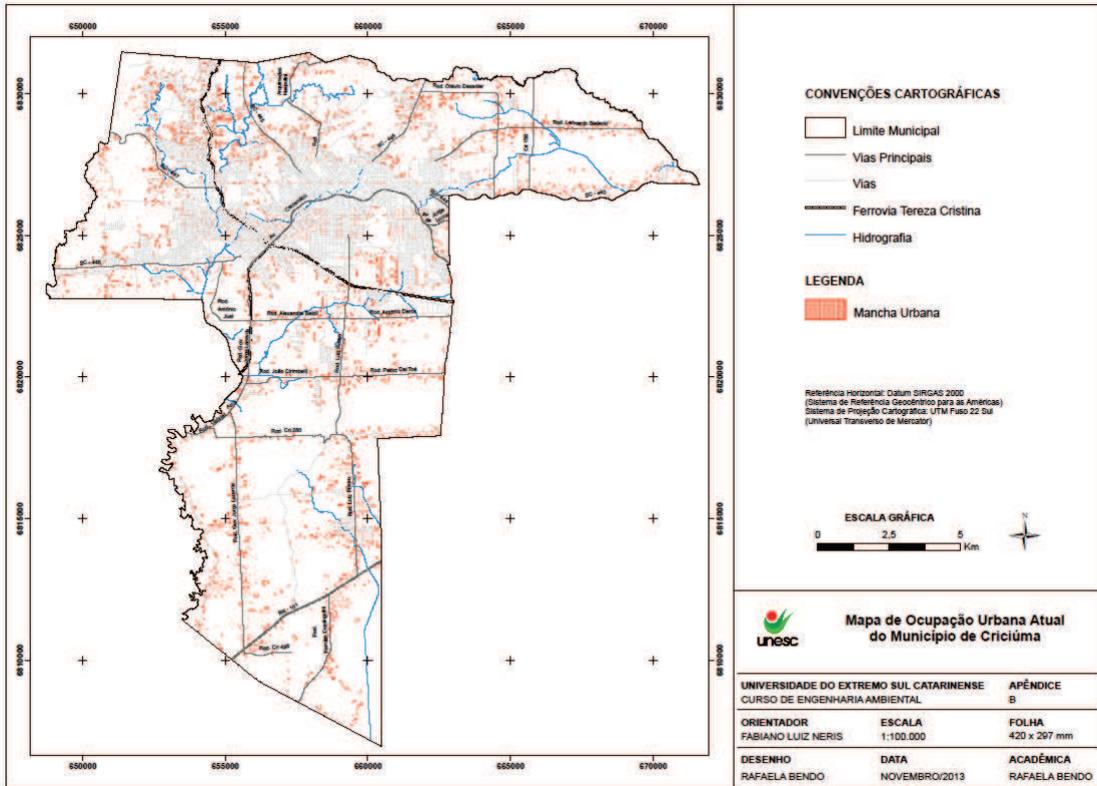
350	10	2,5	5	3,8125	446	5	2,5	5	3,0775	292	2,5	2,5	5	2,71
349	10	2,5	5	3,8125	444	5	2,5	5	3,0775	511	2,5	2,5	2,5	2,5
345	10	2,5	5	3,8125	443	5	2,5	5	3,0775	510	2,5	2,5	2,5	2,5
340	10	2,5	5	3,8125	432	5	2,5	5	3,0775	509	2,5	2,5	2,5	2,5
335	10	2,5	5	3,8125	431	5	2,5	5	3,0775	214	2,5	2,5	2,5	2,5
331	10	2,5	5	3,8125	427	5	2,5	5	3,0775	205	2,5	2,5	2,5	2,5
329	10	2,5	5	3,8125	425	5	2,5	5	3,0775	203	2,5	2,5	2,5	2,5
313	10	2,5	5	3,8125	421	5	2,5	5	3,0775	201	2,5	2,5	2,5	2,5
312	10	2,5	5	3,8125	408	5	2,5	5	3,0775	200	2,5	2,5	2,5	2,5
308	10	2,5	5	3,8125	407	5	2,5	5	3,0775	197	2,5	2,5	2,5	2,5
304	10	2,5	5	3,8125	404	5	2,5	5	3,0775	194	2,5	2,5	2,5	2,5
295	10	2,5	5	3,8125	402	5	2,5	5	3,0775	692	2,5	2,5	2,5	2,5
257	10	2,5	5	3,8125	400	5	2,5	5	3,0775	675	2,5	2,5	2,5	2,5
246	10	2,5	5	3,8125	395	5	2,5	5	3,0775	671	2,5	2,5	2,5	2,5
244	10	2,5	5	3,8125	393	5	2,5	5	3,0775	666	2,5	2,5	2,5	2,5
241	10	2,5	5	3,8125	387	5	2,5	5	3,0775	609	2,5	2,5	2,5	2,5
239	10	2,5	5	3,8125	386	5	2,5	5	3,0775	608	2,5	2,5	2,5	2,5
237	10	2,5	5	3,8125	379	5	2,5	5	3,0775	607	2,5	2,5	2,5	2,5
234	10	2,5	5	3,8125	378	5	2,5	5	3,0775	599	2,5	2,5	2,5	2,5
228	10	2,5	5	3,8125	348	5	2,5	5	3,0775	595	2,5	2,5	2,5	2,5
198	10	2,5	2,5	3,6025	342	5	2,5	5	3,0775	593	2,5	2,5	2,5	2,5
195	10	2,5	2,5	3,6025	339	5	2,5	5	3,0775	592	2,5	2,5	2,5	2,5
187	10	2,5	2,5	3,6025	334	5	2,5	5	3,0775	580	2,5	2,5	2,5	2,5
181	10	2,5	2,5	3,6025	330	5	2,5	5	3,0775	572	2,5	2,5	2,5	2,5
180	10	2,5	2,5	3,6025	328	5	2,5	5	3,0775	568	2,5	2,5	2,5	2,5
174	10	2,5	2,5	3,6025	321	5	2,5	5	3,0775	560	2,5	2,5	2,5	2,5
172	10	2,5	2,5	3,6025	490	5	2,5	5	3,0775	549	2,5	2,5	2,5	2,5
170	10	2,5	2,5	3,6025	486	5	2,5	5	3,0775	527	2,5	2,5	2,5	2,5
168	10	2,5	2,5	3,6025	483	5	2,5	5	3,0775	526	2,5	2,5	2,5	2,5
165	10	2,5	2,5	3,6025	482	5	2,5	5	3,0775	524	2,5	2,5	2,5	2,5
162	10	2,5	2,5	3,6025	481	5	2,5	5	3,0775	523	2,5	2,5	2,5	2,5
161	10	2,5	2,5	3,6025	480	5	2,5	5	3,0775	522	2,5	2,5	2,5	2,5
160	10	2,5	2,5	3,6025	694	5	2,5	2,5	2,8675	521	2,5	2,5	2,5	2,5
156	10	2,5	2,5	3,6025	693	5	2,5	2,5	2,8675	520	2,5	2,5	2,5	2,5
153	10	2,5	2,5	3,6025	691	5	2,5	2,5	2,8675	518	2,5	2,5	2,5	2,5
150	10	2,5	2,5	3,6025	685	5	2,5	2,5	2,8675	517	2,5	2,5	2,5	2,5
145	10	2,5	2,5	3,6025	684	5	2,5	2,5	2,8675	516	2,5	2,5	2,5	2,5
142	10	2,5	2,5	3,6025	683	5	2,5	2,5	2,8675	515	2,5	2,5	2,5	2,5
141	10	2,5	2,5	3,6025	151	5	2,5	2,5	2,8675	514	2,5	2,5	2,5	2,5
140	10	2,5	2,5	3,6025	149	5	2,5	2,5	2,8675	512	2,5	2,5	2,5	2,5
138	10	2,5	2,5	3,6025	147	5	2,5	2,5	2,8675	65	2,5	2,5	2,5	2,5
137	10	2,5	2,5	3,6025	146	5	2,5	2,5	2,8675	63	2,5	2,5	2,5	2,5

(Conclusão)

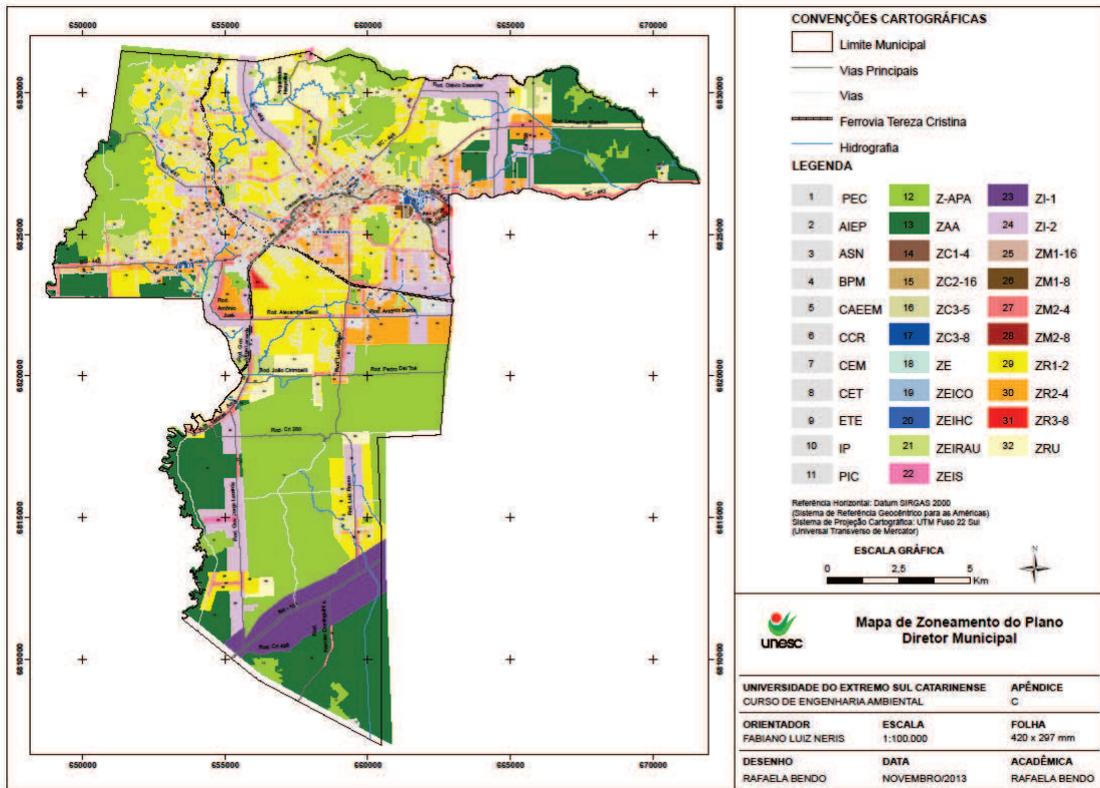
134	10	2,5	2,5	3,6025	144	5	2,5	2,5	2,8675	62	2,5	2,5	2,5	2,5
133	10	2,5	2,5	3,6025	143	5	2,5	2,5	2,8675	60	2,5	2,5	2,5	2,5
129	10	2,5	2,5	3,6025	139	5	2,5	2,5	2,8675	57	2,5	2,5	2,5	2,5
128	10	2,5	2,5	3,6025	136	5	2,5	2,5	2,8675	55	2,5	2,5	2,5	2,5
127	10	2,5	2,5	3,6025	135	5	2,5	2,5	2,8675	53	2,5	2,5	2,5	2,5
126	10	2,5	2,5	3,6025	132	5	2,5	2,5	2,8675	51	2,5	2,5	2,5	2,5
123	10	2,5	2,5	3,6025	131	5	2,5	2,5	2,8675	49	2,5	2,5	2,5	2,5
121	10	2,5	2,5	3,6025	130	5	2,5	2,5	2,8675	48	2,5	2,5	2,5	2,5
119	10	2,5	2,5	3,6025	125	5	2,5	2,5	2,8675	193	2,5	2,5	2,5	2,5
117	10	2,5	2,5	3,6025	124	5	2,5	2,5	2,8675	191	2,5	2,5	2,5	2,5
115	10	2,5	2,5	3,6025	122	5	2,5	2,5	2,8675	190	2,5	2,5	2,5	2,5
111	10	2,5	2,5	3,6025	120	5	2,5	2,5	2,8675	185	2,5	2,5	2,5	2,5
109	10	2,5	2,5	3,6025	118	5	2,5	2,5	2,8675	184	2,5	2,5	2,5	2,5
107	10	2,5	2,5	3,6025	116	5	2,5	2,5	2,8675	177	2,5	2,5	2,5	2,5
105	10	2,5	2,5	3,6025	114	5	2,5	2,5	2,8675	166	2,5	2,5	2,5	2,5
101	10	2,5	2,5	3,6025	112	5	2,5	2,5	2,8675	154	2,5	2,5	2,5	2,5
100	10	2,5	2,5	3,6025	110	5	2,5	2,5	2,8675	103	2,5	2,5	2,5	2,5
98	10	2,5	2,5	3,6025	108	5	2,5	2,5	2,8675	68	2,5	2,5	2,5	2,5
74	10	2,5	2,5	3,6025	106	5	2,5	2,5	2,8675					
71	10	2,5	2,5	3,6025	104	5	2,5	2,5	2,8675					
69	10	2,5	2,5	3,6025	102	5	2,5	2,5	2,8675					
56	10	2,5	2,5	3,6025	99	5	2,5	2,5	2,8675					
596	10	2,5	2,5	3,6025	97	5	2,5	2,5	2,8675					
591	10	2,5	2,5	3,6025	73	5	2,5	2,5	2,8675					
589	10	2,5	2,5	3,6025	602	5	2,5	2,5	2,8675					
588	10	2,5	2,5	3,6025	601	5	2,5	2,5	2,8675					
586	10	2,5	2,5	3,6025	598	5	2,5	2,5	2,8675					

Fonte: Do autor, 2013.

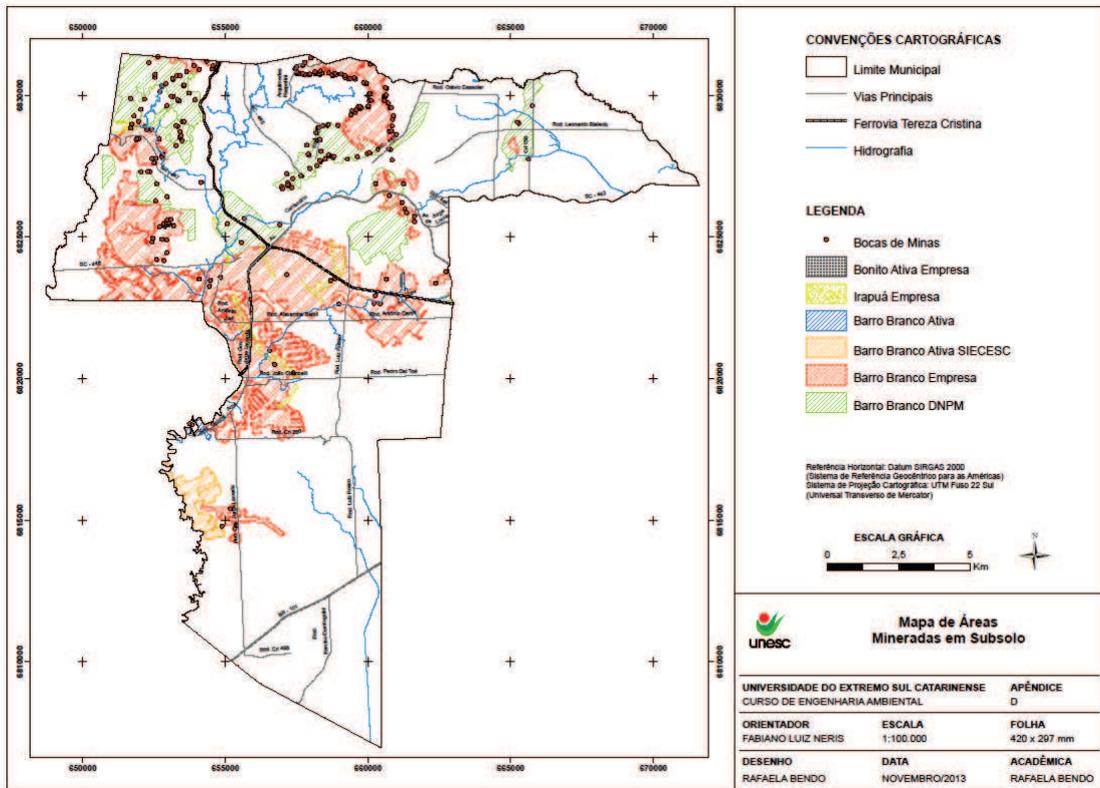
APÊNDICE B – Mapa de Ocupação Urbana Atual do Município de Criciúma



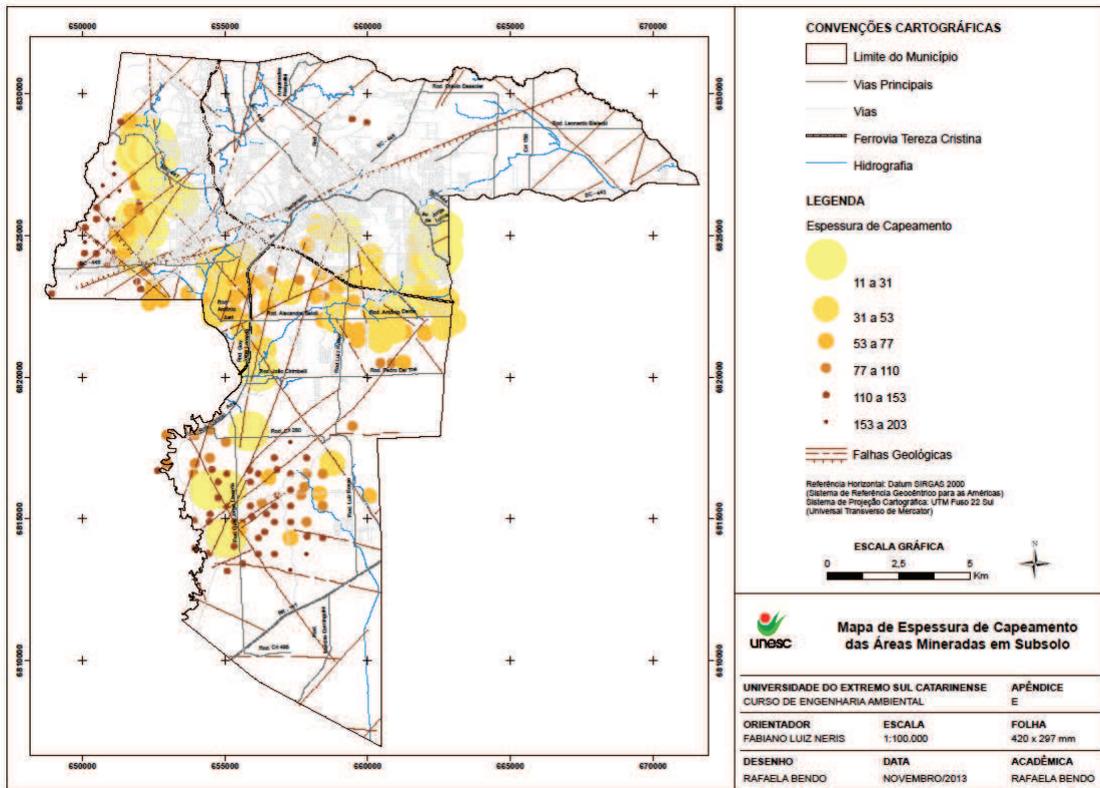
APÊNDICE C – Mapa de Zoneamento do Plano Diretor Municipal



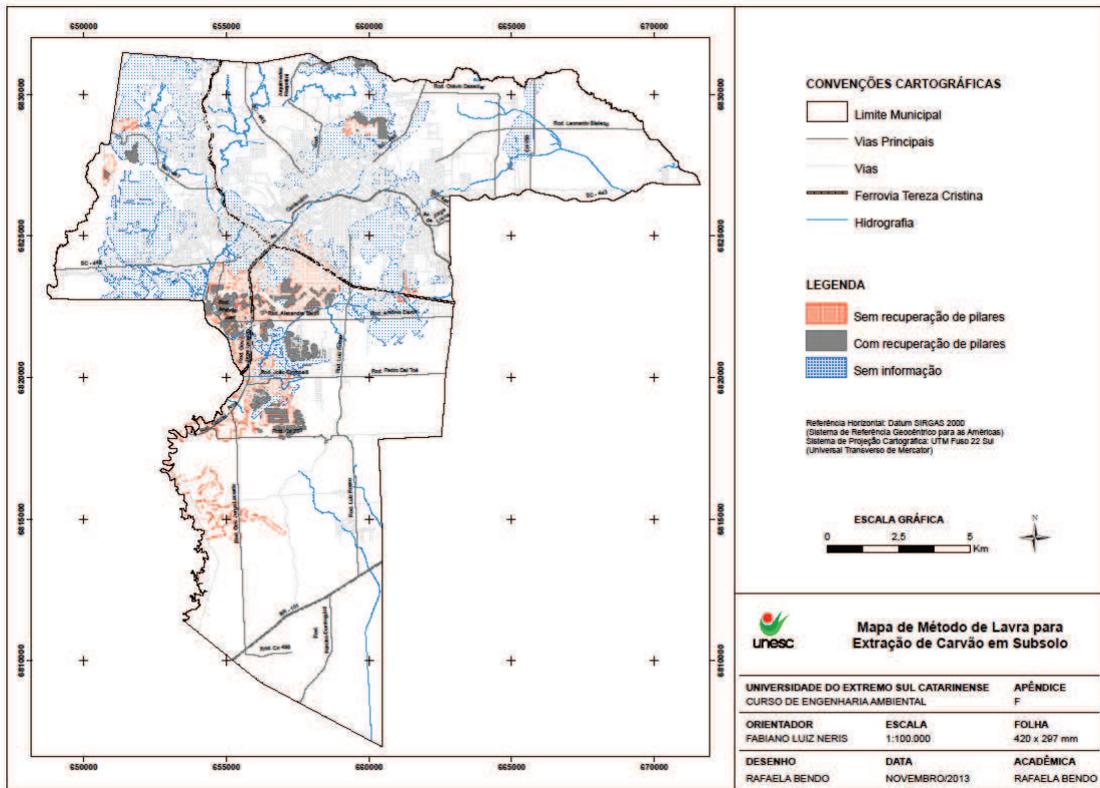
APÊNDICE D – Mapa de Áreas Mineradas em Subsolo



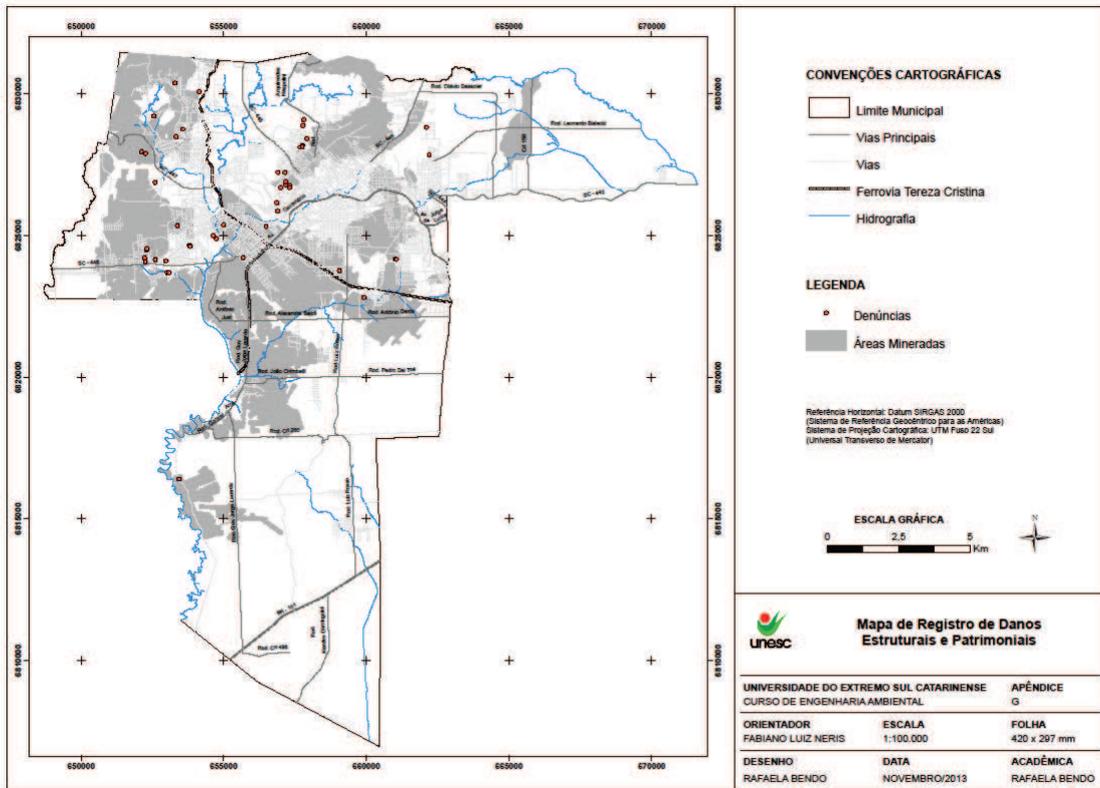
APÊNDICE E – Mapa de Espessura de Capeamento das Áreas Mineradas em
Subsolo



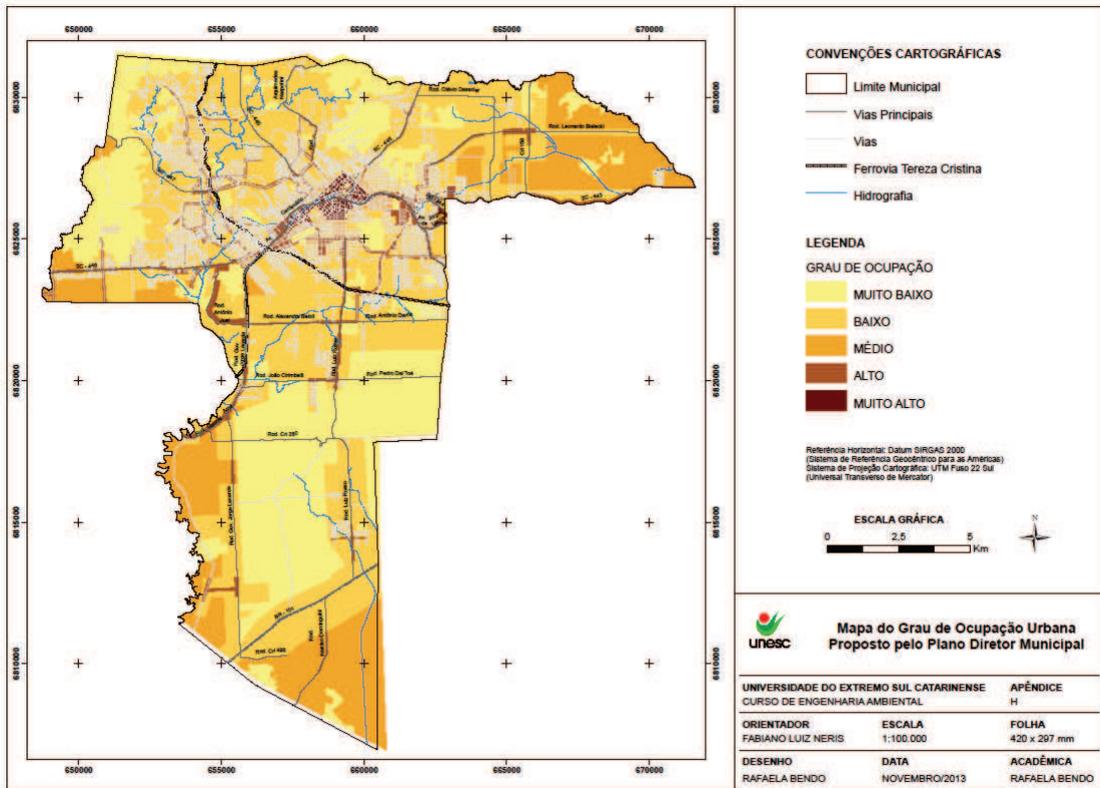
APÊNDICE F – Mapa de Método de Lavra para Extração de Carvão em
Subsolo



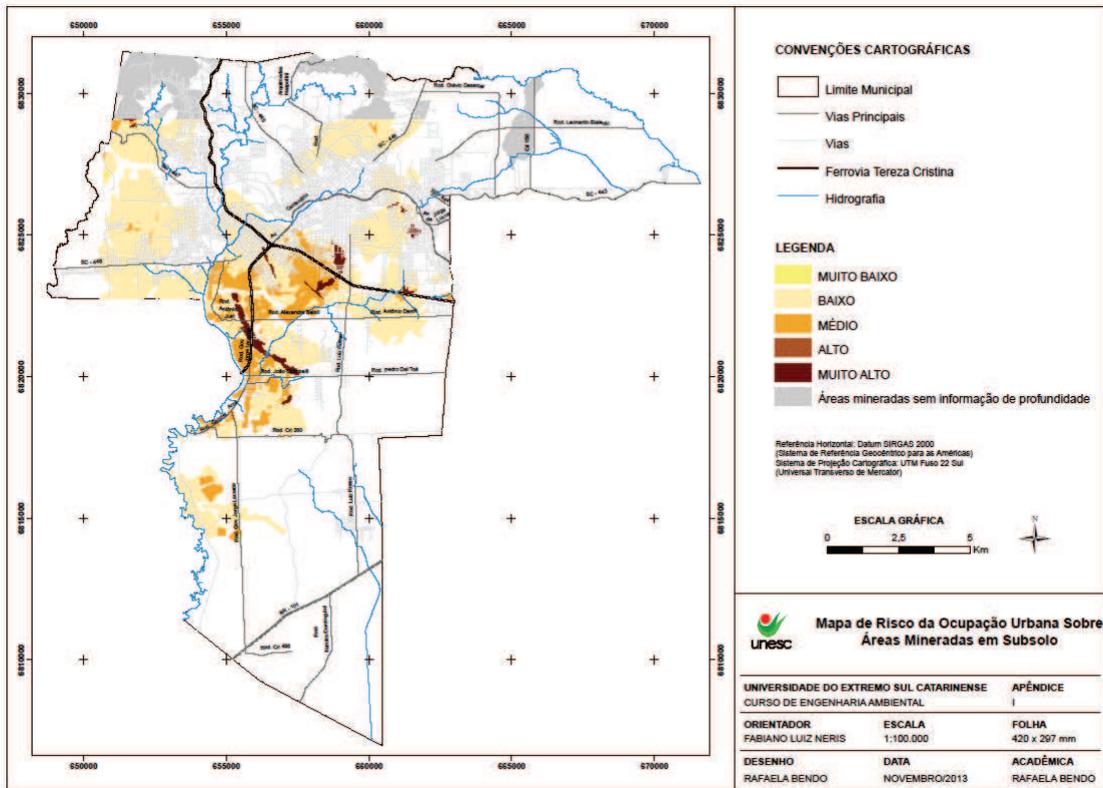
APÊNDICE G – Mapa de Registro de Danos Estruturais e Patrimoniais



APÊNDICE H – Mapa do Grau de Ocupação Urbana Proposto pelo Plano
Diretor Municipal



APÊNDICE I – Mapa de Risco da Ocupação Urbana sobre Áreas Mineradas
em Subsolo



APÊNDICE J – Mapa de Conflitos entre o Grau de Ocupação Urbana Proposto
pelo Plano Diretor Municipal e o Risco da Ocupação Urbana Sobre Áreas
Mineradas em Subsolo

