

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MURILO NASPOLINI PACHECO

**O USO DO SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA GESTÃO DE
DADOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**

CRICIÚMA

2014

MURILO NASPOLINI PACHECO

**O USO DO SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA GESTÃO DE
DADOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**

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

Orientador: M. Sc. Jader Lima Pereira

CRICIÚMA

2014

MURILO NASPOLINI PACHECO

**O USO DO SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA GESTÃO DE
DADOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro 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 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jader Lima Pereira - Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Jori Ramos Pereira - Mestrando - (UNESC)

Prof. Hugo Schwalm – Mestre - (UNESC)

Dedico esse trabalho aos meus pais, por todo apoio oferecido nesses longos anos de estudo.

Muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concebido o dom da vida.

Aos meus pais, Zulmira e José, pelo apoio e amor incondicional, por aturar meus momentos de mau humor e reclamação quando tudo parecia dar errado, por sempre acreditarem e confiarem em mim.

Aos meus irmãos, Kelen e Jean, por sempre me auxiliarem quando precisei.

Ao meu cunhado, Júlio, por toda ajuda oferecida.

Aos meus grandes amigos Francisco Borba e Thamires Custódio, por sempre me incentivar e ajudarem nos momentos mais difíceis da graduação.

A todos os meus colegas de trabalho pelo conhecimento, ajuda e informações, inclusive ao Engenheiro Tales Garcia Antunes e ao Técnico Amarildo José da Silva, por terem sido fundamentais para o desenvolvimento e conclusão do meu trabalho.

Ao Professor Jader Lima Pereira, por ter aceitado o desafio de ser meu orientador no presente trabalho, pelas suas orientações e pelo relacionamento amigo que sempre demonstrou.

Ao meu supervisor de campo, Fernando Basquioto de Souza, por todo seu conhecimento oferecido.

À banca examinadora, Prof. Jori Ramos Pereira e o Prof. Hugo Schwalm, por terem aceitado o convite.

A todos os amigos que passaram na minha vida durante este tempo de graduação e que de certa forma contribuíram para essa minha conquista profissional.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

*“A natureza pode suprir todas as necessidades
do homem, menos a sua ganância”.*

Mahatma Gandhi

RESUMO

A economia da região sul catarinense foi demarcada pela forte produção do carvão e sua exploração. Esta por sua vez, ocorreu sem o planejamento adequado, técnicas e políticas ambientais, e sim pela exploração desordenada com deposição de pilhas de rejeitos, ocasionando diversos impactos ambientais para região. Assim, em busca de ações que fizessem cessar ou, pelo menos minimizar os processos de degradação ambiental, iniciaram-se os projetos de recuperação ambiental dessas áreas. Em função dessa premissa, se faz necessário a elaboração de um plano de monitoramento, no qual se objetiva buscar a qualidade ambiental. Sendo este um dos principais instrumentos de avaliação em um processo de recuperação, fez do mesmo a ser o foco principal do trabalho. A metodologia base deste trabalho foi o desenvolvimento de um banco de dados com seus resultados, no qual o intuito foi o cruzamento dos referidos dados com um Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo utilizadas técnicas de geoprocessamentos para a elaboração das localizações dos pontos de coleta de dados em campo referenciadas espacialmente na superfície terrestre. Os resultados possibilitaram a produção dos pontos junto com o banco de dados, correlacionando uma interação dinâmica entre ambos, sendo exibido no software *Google Earth*, com o propósito de buscar um melhor entendimento dos resultados de monitoramento dos compartimentos ambientais, além das possíveis comparações dos resultados obtidos em campanhas anteriores.

Palavras-chave: Degradação. Recuperação. Monitoramento Ambiental. Geoprocessamento. SIG. *Google Earth*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da área de estudo	31
Figura 2 – Fluxograma das etapas de trabalho	32
Figura 3 - Organização dos dados	33
Figura 4 - Criação dos pontos utilizando <i>software AutoCad</i>	34
Figura 5 – Criação do banco de dados no <i>softwareMicrosoft Excel</i>	35
Figura 6 - Geração dos arquivos <i>PDF</i>	36
Figura 7 - Utilização do <i>software Microsoft Access</i>	36
Figura 8 - Conversão do banco de dados em formato .mdb	37
Figura 9 - Junção dos pontos e polígonos com o banco de dados no <i>software Kosmo</i>	38
Figura 10 - Geração dos <i>shapes</i>	39
Figura 11 - Inserção dos arquivos KMZ no <i>software Google Earth</i>	40
Figura 12 - Utilização do <i>software FrontPage</i>	41
Figura 13 - Arquivos PDF inseridos em um FTP	42
Figura 14 - Colagem do código fonte do arquivo HTML na descrição do ponto no <i>software Google Earth</i>	43
Figura 15 - Organização geral dos dados	44
Figura 16 - Representação espacial do sistema proposto	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistematização dos dados	45
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD - Computer Aided Desing (Desenho Assistido por Computador)
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
CTCL/SATC – Centro Tecnológico do Carvão Limpo/ Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina
DAM – Drenagem Ácida de Mina
E - Este
FTP - File Transfer Protocol (Protocolo de Transferências de Arquivos)
GPS –Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
HTML – HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnologias
MMA – Ministério do Meio Ambiente
N - Norte
NBR – Normas Brasileiras
PDF –Portable Document Format (Formato de Documento Portátil)
PIB – Produto Interno Bruto
PRAD – Plano de Recuperação de Áreas degradadas
SAD69 - South American Daltum 1969 (Datum Sul Americano)
SIECESC – Sindicato da Indústria de Extração de Carvão Mineral
SIG- Sistema de Informação Geográficas
UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
UTM – Universal Transversa de Mercator
WGS84 - World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Global)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL.....	14
2.2 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	17
2.3 MONITORAMENTO AMBIENTAL	20
2.2 GEOPROCESSAMENTO.....	22
3.1 CARTOGRAFIA	26
3.1.1 Sistemas de Projeção Cartográfica	27
3.1.2 Estrutura de Representação de Dados Espaciais	28
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO	29
3 METODOLOGIA	31
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	31
3.2 GERAÇÃO DOS DADOS	32
3.3 ORGANIZAÇÃO/ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS	33
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	44
4.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	44
4.2 ANÁLISE DOS DADOS	46
4.2.1 Águas	46
4.2.2 Solos.....	48
4.2.3 Geológico-Geotécnico	48
4.2.4 Fauna.....	49
4.2.5 Flora.....	49
4.3 DISCUSSÃO DOS DADOS	50
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A mineração de carvão em Santa Catarina, com produção expressiva de carvão, fazendo deste o principal responsável pelo seu grande crescimento econômico, mas resultando na degradação ambiental das áreas mineradas.

De acordo com a CETEM/MCT (2001, p. 8), no ano de 1822 foi descoberto o carvão na região sul de Santa Catarina. No entanto, a partir do ano de 1930 que a sua exploração ocorreu de forma mais intensa (MILIOLI, 2009), sendo instalado na região um importante centro de produção do carvão, que por muito tempo ocorreu de maneira predatória, acarretando diversos danos ambientais.

Durante o processo de extração e uso do carvão, a degradação ao meio ambiente ocorria em várias etapas desse processo, como no método de lavra utilizado, na disposição do rejeito, transporte, beneficiamento, uso e transformação do carvão. A degradação provocada durante essas etapas atuam diretamente na qualidade do meio ambiente de diversos modos, dentre eles os recursos hídricos, o solo, o subsolo, a qualidade do ar e o desaparecimento da fauna e flora local.

A falta de um planejamento estratégico sobre os métodos desenvolvidos na mineração de carvão, fez com que não houvesse nenhum cuidado com o meio ambiente, criando pilhas de rejeitos possibilitando diretamente a geração de drenagem ácida de mina (DAM), sendo esta considerada o principal problema ambiental da região carbonífera.

O processo da mineração na região carbonífera ocorreu de duas formas, uma delas foram os sérios danos causados ao meio ambiente, ocasionando agravos a saúde e a qualidade de vida da população da região, a outra é que ela beneficiou a região apresentando saldos positivos nas contas do seu Produto Interno Bruto (PIB), geração de energia, bens, renda e empregos.

Diante desses acontecimentos negativos ocorridos ao meio ambiente, devido à exploração e disposição desordenada de rejeitos oriundo do carvão sem nenhum cuidado ambiental, as últimas décadas têm marcado etapas decisivas para a preservação do meio ambiente no Brasil, o que derivou na exigência dos órgãos governamentais nas esferas Federal, Estadual e Municipal, de projetos de recuperação das áreas degradadas afetadas pela mineração (CITADINI-ZANETTE; BACK; SANTOS, 2007, p. 187).

Sendo assim, para a elaboração de projetos de recuperação de áreas

degradadas, é necessária uma equipe técnica qualificada, a fim de fazer todo o diagnóstico ambiental, revelando as características próprias das condições abióticas e bióticas do ecossistema dessa área.

O diagnóstico ambiental fornece os dados para a criação do projeto de recuperação de áreas degradadas, sendo que este consta em: apresentar plano de reconfiguração topográfica, definir áreas de corte aterro, mantendo as áreas naturalmente vegetadas, mapear áreas de fonte de poluição, definir locais e obras civis de fixação das margens dos corpos da água, quantificar e definir épocas de aplicação de insumos para a reabilitação do solo, apresentar metodologias e lista espécies vegetais para a reintrodução nas áreas reabilitadas, propor medidas corretivas que venham acelerar o retorno da fauna e apresentar plano de monitoramento ambiental, a fim de atender as exigências de qualidade ambiental da área depois de reabilitada, fixando previamente a qualidade, compondo o cenário comportamental da área reabilitada, se faz necessário a criação de programas de monitoramentos visando o acompanhamento dos parâmetros ambientais água (superficial e subterrânea), ar, solo, fauna, flora, biodiversidade, instrumentação de estruturas e obras (CITADINI-ZANETE; BACK; SANTOS, 2007; NBR 13030, 1999).

O monitoramento ambiental fornece uma visão ampla de como está o processo de reabilitação da área, que possibilita acompanhar o seu progresso, ou regresso, dos indicadores da qualidade ambiental. Com todo seguimento feito no desenvolvimento ambiental da área, a criação de um banco de dados em um Sistema de Informação Geográfico (SIG) para subsídio ao monitoramento ambiental, procura contemplar uma distribuição espacial georeferenciada dos compartimentos ambientais que recebem o monitoramento. O uso da tecnologia oferecerá que sistema de banco de dados opere em um ambiente onde suas informações poderão ser armazenadas e poderão ser compartilhadas via internet, composto por dados tabulares, bases cartográficas e dados vetoriais. Sendo assim, a aplicação dessa técnica permite armazenar as informações referentes aos resultados gerados pelo monitoramento, fornecendo um melhor entendimento das condições atuais, oportunizando aos interessados os acessos as informações cadastrais e ambientais da área em estudo.

Em suma, o trabalho se torna relevante ao ponto de vista técnico, uma vez que, visa organizar e fornecer o ultimo resultado de monitoramento ambiental da área em estudo, de maneira que facilite o entendimento dos resultados de uma

forma ampla.

Portando, o trabalho deve representar uma ferramenta útil para as partes interessadas, além de que, poderá ser utilizado para uma consulta rápida dos resultados dos compartimentos ambientais que integrarão o banco de dados.

Assim, a fim de adequar a aplicação do monitoramento ambiental em ambiente cartográfico, o presente estudo tem por objetivo em elaborar a partir da sistematização dos dados ambientais, um banco de dados geográficos aplicando o monitoramento ambiental de uma área em processo de recuperação ambiental.

Para atender o proposto objetivo, se faz necessário atingir algumas metas intermediárias, como:

- a) Digitar e organizar os dados ambientais referentes aos diversos compartimentos ambientais avaliados pelo programa de monitoramento;
- b) Construir o banco de dados para armazenamento das informações ambientais existentes;
- c) Criar e editar a base cartográfica, de modo a adequá-las ao *software* utilizado;
- d) Interagir com os técnicos responsáveis pelas informações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

A exploração de carvão mineral representa uma atividade de significativa relevância histórica para o sul do estado de Santa Catarina, principalmente no que diz respeito a economia da região sendo responsável pela base econômica de diversos municípios (PAVEI, 2007, p. 1; MENEZES, 2003). Sendo a grande responsável por alavancar a economia da região catarinense, a mineração de carvão era realizada de duas formas, a céu aberto e em subsolo.

A lavra a céu aberto é utilizada quando a camada de carvão se encontra em uma profundidade de até 30 m. Este método de lavra consiste na remoção da cobertura vegetal, seguida da camada de solo e rochas estéril por escavadeiras até encontrar a camada de carvão. Todo material retirado era depositado em pilhas, que podiam atingir até 20 m de altura, em um processo conhecido como inversão de camadas, uma vez que toda a matéria vegetal e a camada fértil do solo ficavam depositados junto à base das pilhas, isso gerou diversos problemas, além do impacto visual, a geração de drenagem ácida de mina, erosão e liberação de gases para a atmosfera, comprometendo a qualidade do ar (SANTOS; CITADINI-ZANETTE; FILHO, 2009; KOPPE; COSTA, 2008).

Já a lavra subterrânea é utilizada quando a camada de carvão se encontra em maior profundidade, superior a 30 m. Neste método, o desmonte do carvão é feito com auxílio de explosivos e todo carvão é conduzido por correias transportadoras. O método de lavra subterrânea atualmente utilizado é o de câmaras e pilares, sem recuo, fazendo o retorno pela área lavrada e sem retirada dos pilares. Este método de lavra pode ser considerado como uma alternativa no que diz a respeito ao impacto visual comparada a de céu aberto, sendo esta última recomendada em muitos casos para profundidades pequenas, em que a lavra a céu aberto seria proposta pelo aspecto econômico, utiliza-se a lavra subterrânea (CITADINI-ZANETTE, 1999; KOPPE; COSTA, 2008).

Segundo Zimmerman e Trebien (2001, p. 63), os impactos da mineração estão associados direta e indiretamente ao local da lavra, onde suas alterações são perceptíveis no solo, na água e no ar. Entre os impactos diretos associados à atividade, pode-se citar a morte da biota local, consequência do processo de retirada

da cobertura vegetal e da camada fértil do solo, já como os impactos indiretos pode-se mencionar a ciclagem dos nutrientes, a redução da diversidade das espécies e a alteração da estabilidade dos ecossistemas, devido a alterações no lençol freático e disponibilidade e qualidade de água superficial (ALMEIDA, 2002, p. 1).

A lavra subterrânea tem provocado localmente alterações no comportamento do lençol freático, sendo assim, a instalação de piezômetros nessa região serve para acompanhamento da variação dos níveis de água subterrânea e da qualidade da água (KOPPE; COSTA, 2008, p. 34)

A região carbonífera foi a mais afetada em termos de degradação ambiental, sendo que 2/3 de seus recursos hídricos estão comprometidos pela atividade de mineração (DE LUCA; GASTALDON, 1999, p. 19).

A disposição inadequada dos rejeitos oriundos das carboníferas, nos quais no início do seu processo de exploração formaram imensas pilhas de rejeito ao longo da região, pode ser justificado, principalmente, devido a carência de planejamento, tecnologias e políticas aplicáveis na área ambiental (LOPES; SANTO; GALATTO, 2009, p. 55).

A drenagem ácida de mina (DAM) é o principal problema ambiental da região, “[...] devido a sua agressividade e à intensidade com que contamina os solos e águas, destruindo tanto habitats terrestres como aquáticos” (LOPES; SANTO; GALATTO, 2009, p. 56).

Considerada o principal causador da alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a Drenagem Ácida de Mina (DAM) está diretamente ligada a todos os processos que envolvem a mineração de carvão, fazendo com que esta seja encarada como um dos maiores desafios no que diz respeito ao controle dos impactos gerados por esta atividade (FARFAN; FILHO BARBOSA; SOUZA, 2004; CASTILHOS *et al.*, 2010).

A DAM pode ser originada em cavas de minas, galerias subterrâneas, pilhas de estéreis, bacias de decantação e rejeitos, ou ainda, quando, resultante dos fenômenos de intemperismo natural aos quais resíduos geológicos contendo sulfetos são submetidos ao contato com a água ou o ar (MENEZES; LATTUADA; PAVEI, 2009, p. 71).

De acordo com Pereira (2007, p. 114), a DAM está associada em geral com as minerações de carvão, mas ela também pode ser encontrada sob condições

naturais, onde existam sulfetos em materiais geológicos, sendo resultadas por atividades antrópicas como construções de rodovias ou escavações subterrâneas.

A atividade de mineração de carvão desenvolvida na região carbonífera contribuiu de maneira significativa na contaminação do solo, por meio do contato direto do estéril e do rejeito sobre o mesmo, sendo intensificado pelos processos que originam a DAM (CETEM/MCT, 2001, p. 18).

Ainda para a CETEM/MCT (2001, p. 18), a poluição do ar na região ocorre no manuseio do material particulado produzido na lavra e no processo de beneficiamento e rebeneficiamento do carvão e na geração de SOx a partir da combustão espontânea nos depósitos de rejeitos.

Conforme as reservas de carvão eram totalmente extraídas as mineradoras migravam para novas áreas, deixando para trás as instalações e todo rejeito exposto ao ambiente, podendo afetar diretamente sua circunvizinhança (LOPES; SANTO; GALATTO, 2009, p. 55).

Segundo Milioli (2009, p. 289), oito municípios na região da AMREC (Associação de Municípios da Região Carbonífera) estão diretamente afetados pela economia do carvão, dentre eles também estão o município de Capivari de Baixo pertencente à região da AMUREL (Associação de Municípios da Região de Laguna) e entorno, onde são afetados pela usina Termelétrica Jorge Lacerda.

Nestes municípios que compõe uma área total de 801.320 ha, o total de áreas impactadas diretamente pela mineração de carvão é 6.503,74 ha e a quantidade de bocas de minas abandonadas na região é de 816 (MILIOLI, 2009; CTCL/SATC, 2013).

Desde então, os problemas ambientais oriundos das atividades mineradoras de carvão são considerados preocupações prioritárias na região, dando origem a criações de Planos de Recuperação para essas áreas degradadas.

A fim de se buscar a recuperação da área degradada ao seu estado original ou o mais próximo possível deste, a elaboração e aplicação de um plano de monitoramento ambiental para essas áreas é primordial, pois, objetiva servir como um instrumento de avaliação das medidas de recuperação ambiental.

2.2 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

O conjunto de atividade que tem como objetivo a recomposição ambiental de áreas degradadas possui diversas terminologias.

Alguns autores denominam o processo de recomposição ambiental de reabilitação, de recuperação e/ou de restauração, mas a diferença, na verdade, estrutura-se nos detalhes da ecologia básica, onde as interações e a sucessão são aspectos fundamentais (SANTOS, 2003, p. 5).

A fim de normatizar o correto emprego dos termos reabilitação, recuperação e restauração, a NBR 13030/1999 (ABNT, 1999) define:

(...)

3.9 reabilitação: Conjunto de procedimentos através dos quais se propicia o retorno da função produtiva da área ou dos processos naturais, visando adequação ao uso futuro.

3.10 recuperação: Conjunto de procedimentos através dos quais é feita a recomposição da área degradada para o esclarecimento da função original do ecossistema.

3.11 restauração: Conjunto de procedimentos através dos quais é feita a reposição das exatas condições ecológicas da área degradada pela mineração, de acordo com o planejamento estabelecido.

(...)

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014), a recuperação ambiental pode ser considerada como a “[...] restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”. O MMA (2014), conceitua restauração como “[...] restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”.

A recuperação de áreas degradadas está intimamente ligada à ciência da restauração ecológica. Restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado e restaurado, quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais (MMA, 2014).

Para Rodrigues e Gandolfi (2000, p. 235), a recuperação ambiental é decorrente do uso incorreto dos aspectos ambientais por todo território nacional, que se bem estudados poderia ser evitado.

De acordo com Reis *et al.* (1986 *apud* CITADINI-ZANETTE, 1999, p. 58), a recuperação de áreas degradadas consiste em devolver as características ecológicas originais ao local, com a utilização de espécies florestais nativas, bem como a reintrodução da fauna. Esta é responsável por grande parte da dispersão de sementes produzidas por árvores do próprio local, ou de regiões vizinhas, promovendo a regeneração e garantindo a sustentabilidade natural do processo de construção da floresta.

Na recuperação de áreas degradadas é necessário o conhecimento dos padrões sucessionais, em que os diferentes grupos ecológicos de espécies ficarão inseridos. Atualmente, utilizam-se modelos com base na sucessão ecológica secundária e interações bióticas para a cobertura inicial do solo, que provocará o aparecimento de diferentes espécies, dentro do processo natural de sucessão, com consequente aumento da diversidade biológica (CITADINI-ZANETTE, 1999, p. 58).

Com todo conhecimento biológico de ecossistemas e sucessão, e a grande interação existente entre flora e fauna em áreas de floresta tropical, deve-se somente utilizar espécies típicas dos ambientes específicos que estão sendo recuperados, sendo necessário conhecer o processo sucessional da região e da auto-ecologia das espécies a serem trabalhadas (ALMEIDA, 2000, p. 68).

A melhor maneira de aproximar a composição e estrutura original do ecossistema degradado é realizar o processo da seleção de espécie baseado no conhecimento detalhado da composição florística e fitossociológica de ambientes similares ao que deseja recuperar, deve-se promover sucessão de todos os elementos (solo, microflora, flora e fauna), o que fará com que a área ganhe nova capacidade de voltar a um estado de equilíbrio (REIS *et al.* 1999 *apud* ALMEIDA, 2000, p. 68).

A revegetação, quando realizada nas normas técnicas adequadas, proporciona uma série de vantagens nas áreas em processo de recuperação, evitando infiltração de água de chuva nas áreas em processo de recuperação, [...] proporcionando não somente a recuperação paisagística da área como também o controle efetivo sobre as drenagens ácidas, processos erosivos e instabilidade de taludes (CETEM/MCT, 2001, p. 35).

Na região da bacia Carbonífera, após anos de exploração deu-se início a propostas de recuperação das áreas degradadas. Entre as propostas iniciais, pode-se destacar o Projeto M, elaborado pela FATMA no ano de 1982.

O Projeto “M” – Recuperação Piloto de Áreas Mineradas a Céu Aberto mencionado por Santa Catarina (1999, p. 53) *apud* Citadini-Zanette, foi implementado no início do ano de 1982, na localidade de Alto Rio Fiorita, no município de Siderópolis (SC), cuja extensão da área de 11,384 ha, visando à elaboração e execução de projetos para a recuperação ambiental da região carbonífera. Este projeto consistiu “[...] na prática, a primeira tentativa planejada em recuperar áreas de mineração a céu aberto na região carbonífera, caracterizado como marco inicial do processo para a região”.

O projeto constou de: 1) remodelagem da superfície por terraplanagem; 2) cobertura com cerca de 20 cm de espessura de argila; 3) plantio: a) doze espécies arbóreas e arbustivas em blocos experimentais; b) cinco espécies herbáceas em toda a área; c) canteiros experimentais com: 5 espécies de gramíneas, 14 espécies leguminosas e 23 espécies ornamentais (CITADINI-ZANETTE, 1999, p. 53).

No processo de recuperação planejado de áreas degradadas tem que ser participativo da comunidade nas alternativas existentes. Deve ter orientação científica estratégica de curto, médio e longo prazo, considerando as características físicas, bióticas e socioeconômicas da região. Após recuperadas, essas áreas podem ser usadas para satisfazer as necessidades da população, sejam estas atuais ou futuras (DE LUCA, GASTALDON, 1999, p. 31).

Segundo Lopes, Santo e Galatto (2009, p. 65), com todo estudo elaborado e aprofundamento dos meios físicos, químicos e biológicos da área a ser recuperada, permite elaborar as etapas para sua reabilitação. Sendo essas compreendidas em: 1) retirar os rejeitos piritosos e depositar num local preparado; 2) remodelar o terreno, com construções de novas vias de acesso e novos sistemas de drenagens; 3) Neutralizar e aterrar as lagoas ácidas; 4) Aplicar calcário sobre os estéreis; 5) Recobrir o rejeito com argila para a construção de um novo solo; 6) Aplicar calcário junto ao novo solo construído e cama de aviário; 7) Recobrir o solo com turfa; 8) Inserção da vegetação herbácea; 9) Plantio das espécies pioneiras; 10) Corrigir o solo e abrir novas covas para o plantio de espécies pioneiras e não pioneiras por toda área; 11) Monitoramento dos aspectos ambientais durante e após a reabilitação da área.

Diante do cenário atual de alterações ambientais aliados a necessidade de recuperação ambiental das áreas degradadas pela mineração de carvão, considera-se imprescindível a elaboração de um planejamento com enfoque na

gestão adequada dos recursos naturais.

2.3 MONITORAMENTO AMBIENTAL

O monitoramento ambiental é um processo de coleta de dados, estudo com acompanhamento contínuo de compartimentos ambientais definidos, que visa identificar e avaliar as condições dos recursos naturais em um determinado momento, podendo prolongar-se ao longo do tempo (RAMOS, LUCHIARI JUNIOR, 2014).

Com os levantamentos de dados gerados pelo monitoramento ambiental, se obtêm informações sobre os fatores que interveem na conservação, preservação, degradação e recuperação ambiental da área monitorada, auxiliando de maneira direta para medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo (RAMOS; LUCHIARI JUNIOR, 2014).

Ainda para os autores, o monitoramento ambiental permite entender a relação das ações do homem com o meio ambiente, capazes de manter as condições ideais dos compartimentos ambientais ou recuperando áreas e ambientes específicos, por atuação de instituições com criação de planos, programas, projetos e financiamentos.

Podendo as áreas em processo de recuperação serem utilizadas futuramente, as decisões para o seu uso estarão diretamente ligadas aos resultados obtidos pelo monitoramento dos meios físico, biótico e socioeconômico (SIECESC; GEOLÓGICA, 2008).

Embora ainda pouco usado como parte fundamental de projetos de reabilitação ou recuperação de áreas degradadas, o monitoramento, quando planejado adequadamente, possibilita não só uma avaliação da eficiência dos métodos aplicados, mas também a correção de rumos do processo (IPAT, 2009, p. 13).

Segundo IPAT (2003) os programas de monitoramento ambiental de áreas em processo de recuperação ambiental têm por objetivo acompanhar a evolução e/ou a involução da qualidade ambiental da área.

Dentre os compartimentos considerados avaliados durante o processo de monitoramento da qualidade ambiental de áreas em processo de recuperação ambiental pós mineração de carvão, é preconizado através da NBR 13.030/1999

(ABNT, 1999) e pela Padronização do Plano de Recuperação de Áreas Degradada pela Mineração – PRAD (PRAD Padrão) (MPF, 2009) a execução dos programas de monitoramento da qualidade do ar, da água (superficial e subterrânea); do solo, da fauna, da flora, de saúde pública e ocupacional.

Dentre os diversos programas de monitoramento apresentados pelos documentos norteadores à elaboração do PRAD, alguns destacam-se por serem considerados “chave” adiante da proposta de avaliar a evolução da qualidade ambiental.

Entre os programas de monitoramento considerados “chave” para a compreensão e avaliação das medidas propostas pelo PRAD, Polz (2008), menciona o monitoramento da qualidade das águas (superficial e subterrânea), solos, fauna e flora e reabilitação da paisagem.

No monitoramento da qualidade de águas, são acompanhadas as condições de águas superficiais e subterrâneas. De acordo com a Proposta Sobre o Conjunto de Indicadores e Plano de Monitoramento e Acompanhamento da Qualidade Ambiental (2006, p. 8), os parâmetros indicados para o monitoramento das águas superficiais incluem dados como vazão, pH, ferro total, manganês total, acidez total, oxigênio dissolvido, condutividade, alumínio total, sulfatos e temperatura. Para os de águas subterrâneas são registrados cada um dos poços de monitoramento o nível estático, pH, alcalinidade total, condutividade, ferro total, manganês total, acidez total, cálcio total, sódio total, potássio total, sulfato, magnésio total, cloro total e alumínio total.

Além dos dados físico-químicos analisados para água superficial e subterrânea, integra tanto o monitoramento da qualidade da água superficial quanto da água subterrânea o registro dos dados pluviométricos da região, onde a área objeto de monitoramento encontra-se inserida.

O monitoramento geológico-geotécnico visa monitorar a reabilitação da paisagem, sendo esta definida por um momento do processo de construção do espaço, na qual o que se observa é resultado e toda uma trajetória de movimentos da população em busca de sua sobrevivência e de sua satisfação, mas também pode ser resultado da natureza. Com isso, este monitoramento busca uma avaliação e descrição da área considerando os processos geotécnicos, por meio da identificação de áreas de risco geotécnico-ambiental, visando os processos erosivos,

de escorregamento, estabilidade de taludes, assoreamento e de poluição de corpos da água (CTCL/SATC, 2011; CALLAI, 2000, p. 97).

O monitoramento da qualidade do solo, consta na característica física do solo e os parâmetros laboratoriais analisados são: pH em água, índices em SMP, teor de argila (textura), acidez potencial ($H + Al$), matéria orgânica, fósforo, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, soma das bases (S), CTC, saturação de bases (V) (MENEHINI, 2010, p. 58).

De acordo com a Proposta Sobre o Conjunto de Indicadores e Plano de Monitoramento e Acompanhamento da Qualidade Ambiental (2006, p. 29), o monitoramento da fauna, deve ser executado considerando a elaboração de levantamento e avaliação de modificações na riqueza das espécies, bem como índices da diversidade de espécies, além da sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas.

Para a flora é recomendado o monitoramento da diversidade e frequência das espécies, avaliação ecológica rápida, diversidade de biótopos, variação da fisionomia, diversidade e composição para a comparação entre áreas, censo das árvores e levantamentos por métodos de pontos para as herbáceas, levantamento expedito por caminharmento e tubulação de acordo com categorias sucessionais, síndromes de polinização e síndrome de dispersão, frequências por grupos de regeneração, estratificação e dispersão.

Nota-se que o plano de monitoramento aborda uma variação de compartimentos ambientais e geração de vários resultados, servindo de subsídios para uma avaliação eficaz do plano de recuperação adotado. Todavia, é aplicado o uso de ferramentas de geoprocessamento em monitoramento e gestão ambiental.

2.2 GEOPROCESSAMENTO

O termo Geoprocessamento está ligado à disciplina do conhecimento que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia tem uma importância de modo crescente nas áreas de cartografias, análises de recursos naturais, transportes, energia e planejamentos urbanos e regionais (CÂMARA; MEDEIROS, 1998, p. 1).

O geoprocessamento vem se destacando significativamente, onde sua tecnologia vem sendo muito utilizada por profissionais que trabalham com

informações referenciadas espacialmente na superfície terrestre (ROSA; BRITO, 1996, p. 7).

Segundo Rosa e Brito (1996, p. 7), o geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. O mesmo pode ser aplicado a profissionais que trabalham com processamento digital e sistema de informação cartográfica. Por mais que essas atividades sejam diferentes elas estão intimamente inter-relacionadas, usando na maioria das vezes as mesmas características de hardware, porém *softwares* distintos.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um caso específico do Sistema de Informação. Seu desenvolvimento começou em meados da década de 60. O primeiro sistema a reunir as características de um SIG foi implementado no Canadá, em 1964, sendo chamado de “*Canadian Geographic Information System*” [...] (ROSA; BRITO, 1996, p. 8).

O SIG é aplicado para sistemas que realizam tratamento computacional de dados cartográficos, sendo que sua principal diferença relacionado a um outro sistema de informação é a sua capacidade de armazenar atributos descritivos como geometrias de diferentes tipos geográficos (CÂMARA, 2005, p. 2).

Segundo Câmara e Medeiros (1998, p. 19), o SIG armazena a geometria e os atributos dos dados, representados em formas de pontos 2D, polígonos, amostras e imagens que estão georrefenciados. Os dados tratados computacionalmente em geoprocessamento têm como sua principal característica a diversidade de fontes e de formatos apresentados.

Um SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre (ROSA; BRITO, 1996, p. 8), e “[...] principalmente de permitir a inclusão, exclusão, substituição e cruzamento de várias informações” (COSTA; SILVA, 2004, p. 69), fazendo deste sistema uma particularidade de informação no sentido amplo. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises, durante da integração de dados de diversas fontes (ROSA; BRITO, 1996, p. 8),

Segundo Câmara (2005, p. 2-3), as principais características do SIG são: Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de cadastros urbanos e rurais, entre outras fontes de dados como imagens de satélite e GPS e oferecer mecanismos para combinar várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos.

De acordo com Rosa e Brito (1996, p. 8), o manejo de dados espaciais requer instrumentos especializados e complexos para obter, armazenar, recuperar e apresentar informações. Dados oriundos de distintas fontes fazem com que exista a necessidades de integrá-los, para o efetivo uso dos mesmos, assim como para se obter novas informações.

Para Rosa e Brito (1996, p. 8), o objetivo geral de um sistema de informação geográfica é servir de instrumento para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas que possibilita: interagir em uma única base de dados informações representando vários aspectos do estudo de uma região; permitir a entrada de dados de diversas formas; combinar dados de diferentes fontes, gerando novos tipos de informações; gerar relatórios e documentos gráficos de diversos tipos, etc.

As aplicações do SIG no meio ambiente relacionam os quesitos como a modelagem climática e ambiental, previsão numérica do tempo, monitoração do desflorestamento e monitoração da emissão e ação de poluentes. Nas ilustrações dos recursos naturais, é possível fazer a identificação e mapeamento mineral e petrolífero, planejamento e supervisão de redes hidroelétricas, gerenciamento costeiros e marítimos (CÂMARA *et al.*, 1996, p. 31).

De acordo com Câmara e Medeiros (1998, p. 4), existem pelo menos quatro campos dos problemas ligados a estudos ambientais que o uso do SIG é aplicado, nos quais são: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental e Ordenamento Territorial.

Ainda para os autores supracitados, os estudos de Mapeamento Temático visam caracterizar e entender a organização do espaço, com base para ações e estudos futuros. O Diagnóstico Ambiental tende estabelecer estudos sobre regiões de interesses, como projetos de ocupação ou preservação. Avaliação de Impacto Ambiental envolve o monitoramento ambiental dos resultados das ações humanas

sobre o ambiente, e ordenamento territorial busca normatizar a ocupação do solo, organizar a gestão do território buscando o desenvolvimento sustentável.

Na elaboração de um plano de manejo em Unidades de Conservação, o uso do SIG se tornou uma ferramenta imprescindível, pois esses dados necessitam de georreferenciamento e de usos de técnicas que permitam o cruzamento e análises de informações territorialmente espacializadas. O uso da ferramenta apresenta precisão nas análises e atualizações periódicas, gerando uma dinâmica contínua no monitoramento dessas áreas (COSTA; SILVA, 2004, p. 78).

O monitoramento ambiental, através do geoprocessamento, abrange diversas áreas como a cartografia, com a utilização de mapas digitais, e o sensoriamento remoto, com imagens de satélite, o uso de GPS e SIG (LEAL; TODT; THUM, 2012, p. 970).

O uso do SIG para monitoramento ambiental e auxílio no processo de recuperação da vegetação em Áreas de Preservação Permanente, inclui uma localização espacial do fenômeno de degradação da vegetação na área, criação de atributos relativos ao tamanho da área, número de mudas utilizadas e os responsáveis pelo processo de recuperação da área, compondo assim um instrumento de gestão que poderá ter o banco de dados constantemente atualizado, sendo útil ao plano de monitoramento (LEAL; TODT; THUM, 2012, p. 970).

Conforme Cabral (2008, p. 95), a empregabilidade do SIG para monitoramento integrado e constante de regiões de proteção ambiental, como no monitoramento de corais, sendo que esse tipo de área de estudo está frequentemente sujeito a modificações, se faz um uso de um sistema que possa suportar dados dinâmicos. O SIG permitirá que possa inserir dados, acessar os dados já existentes e eventualmente atualizar os dados que postados erradamente.

A implantação de um SIG, para subsídio ao monitoramento e gestão ambiental, tem como foco principal contemplar a distribuição espacial de recursos naturais para o monitoramento, gestão e planejamento ambiental com o uso de tecnologias de análises espaciais e dados georreferenciados via WEB (SIECESC; GEOLÓGICA, 2008).

A informação geográfica apresenta um termo dual, localização geográfica e atributos descritivos. Na localização geográfica, o dado geográfico apresenta uma localização expressa como coordenadas em um espaço geográfico. Os atributos

descritivos podem ser representados num banco de dados convencionais (CÂMARA; MEDEIROS, 1998, p. 2).

A estruturação de uma base cartográfica para o SIG depende da finalidade para a sua aplicação, sendo ela feita de dois tipos. O primeiro tipo se dá pela estruturação a partir da construção de bases para o SIG, onde se utilizam dados já existentes como cartas topográficas, levantamentos aerofotogramétricos, bases em formato CAD, entre outros tipos que podem ser utilizados em ambientes SIG. O segundo a criação da base de dados se dá *em si*, ou seja, não existem dados disponíveis, sendo que, os dados disponíveis para a realização do trabalho em uma determinada área possuam uma quantidade mínima de informações disponíveis, fazendo a coleta de dados no campo para o início do projeto (SILVEIRA; CARNEIRO; PORTUGAL, 2008).

3.1 CARTOGRAFIA

A cartografia “[...] é a arte de expressar (representar), por meio de mapas e cartas, o conhecimento da superfície e terrestre” (BAKKER, 1995 *apud* ROSA; BRITO, 1996, p. 25). Um conjunto de estruturas e operações científicas, artísticas e técnicas baseadas em visualizações diretas ou de análise de documentação, que visam a elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de representação (OLIVEIRA, 1993 *apud* ROCHA, 2000, p. 210).

Segundo Loch (2006), sendo de forma gráfica e bidimensional, o objetivo da cartografia está em representar a superfície terrestre, por meio de uma carta, planta ou um mapa.

A elaboração de um mapa contempla em várias etapas, como coletas de documentações, um levantamento em campo e tratamento estatístico, cartográfico e iconográfico dos dados em escritórios. O técnico que elabora o mapa necessita ter um conhecimento aprofundado sobre o assunto, já que deve observar, identificar, localizar e analisar os dados, atribuindo sinais e símbolos a uma base cartográfica de uma área em estudo (JOLY, 2003).

O uso da cartografia assessorada por computadores surgiu a partir da década de 1960, como forma de auxiliar a automação dos desenhos de mapas. Podendo esta ser empregada de duas formas em um sistema, sendo uma o objetivo

principal a produção de um banco de dados, onde os registros cartográficos são um produto, e outro, segue a prioridade da produção de mapas (JOLY, 2003).

3.1.1 Sistemas de Projeção Cartográfica

Esses sistemas são definidos como “[...] métodos utilizados para representar a superfície de uma esfera, num todo ou em parte, sobre uma superfície plana [...]” (BHMN, s.d).

A projeção cartográfica compõe a base para a elaboração de um mapa. Sendo assim, na sua construção é necessária a escolha de um sistema que represente a superfície de uma esfera, sobre uma superfície plana. Cada sistema varia um dos outros com características distintas, que melhor que se adéquam a algum uso específico, sendo assim a escolha deve se levar em conta o propósito do mapa (BHMN, s.d).

Como a superfície da Terra não é plana é atribuído um sistema de coordenadas que satisfaçam os interesses, sendo que todo sistema possui limitações, por isso a importância de se optar por aqueles que podem ser aceitas, conforme a finalidade do mapa, apresentando dessa forma propriedades ideais em uma carta (BHMN, s.d).

O Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) surgiu em 1947, para poder se determinar as coordenadas retangulares dos mapas militares. Baseia-se na divisão de latitudes e longitudes da Terra, de modo que todo o quadriculado seja apoiado no meridiano central de cada fuso. Sendo assim, as divisões se dão em sessenta fusos de seis graus de longitude, no qual o seu início é considerado o antemeridiano de *Greenwich*, contando de oeste para leste (DUARTE, 2006).

De acordo com Loch (2006, p. 87), “Nesse sistema, os pontos supostos sobre o elipsoide, são projetados para um cilindro posicionado transversalmente em relação ao eixo de rotação terrestre.”. O sistema trata-se de uma projeção cilíndrica transversa e ortomorfa, isto é, quando o cilindro é tangencialmente a superfície da Terra, decorrendo ao longo de um meridiano (BHMN, s.d).

O UTM é adotado em vários países, e bem utilizado em mapas que retratam regiões entre os paralelos 80° norte e sul. No ano de 1955, o Brasil por meio da diretoria do Serviço Geográfico do Exército, adotou o uso do sistema, sendo

assim, o país possui de oito fusos: 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25 (JOLY, 2003; LOCH, 2006).

De acordo com Loch (2006), no ano de 1979, o Brasil adotou o elipsoide UGGI 67 (União Geodésica e Geofísica Internacional de 1967), como referência geodésica brasileira, sendo este conhecido como o sistema geodésico *SAD69* (*South American Datum 1969*).

No ano 2005, por meio da Resolução nº 01, foi estabelecido o sistema geodésico de referência de posicionamento no Brasil o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), de modo que as referências de coordenadas do sistema foram definidas no ano 2000, sendo conhecida como SIRGAS2000. Esse sistema reconhece a terra como um elipsóide, e o País se organizam em vinte e uma estações, que formam a estrutura de referência do sistema SIRGAS2000 (IBGE, 2005).

Os sistemas não são compatíveis entre si, sendo assim, poderá dificultar a análise de dados geográficos. Os sistemas SIRGAS2000 e *SAD69*, possui a existência de um deslocamento espacial, que equivale aproximadamente a uma distância média de sessenta e cinco metro para um mesmo ponto (IBGE, s.d).

3.1.2 Estrutura de Representação de Dados Espaciais

A forma de representação dos dados espaciais varia de acordo com dois tipos básicos de arquivos utilizados em mapas em meio digital: matricial e vetorial.

De acordo com Câmara e Medeiros (1996), os dados matriciais são aqueles resultantes de uma malha quadricular, sobre a qual se constrói cada célula o componente que se deseja representar, dando um código a característica utilizada, de modo que possibilite o computador, identificar a que componente ou objeto pertence cada célula. Esses dados são representados através de uma matriz, com linhas e colunas. Cada célula também é chamada de *pixel*, possui um valor que indica alguma variável, como uma cor ou um tom. A quantidade de *pixels* que forma uma imagem, esta diretamente ligada à sua qualidade (FITZ, 2008).

Os dados vetoriais, ou *shapes*, buscam representar o mais próximo possível da realidade um elemento ou objeto. Desse modo, todo elemento gráfico de mapas são classificados em três tipos de formas principais, sendo esses pontos, linhas ou polígonos (CÂMARA; MEDEIROS, 1996). Cada elemento desses podem

dispor de uma estrutura, de modo que relacione os mesmos com um atributo geral ou banco de dados (FITZ, 2008).

Para Câmara e Medeiros (1996), se desejar uma maior qualidade e precisão do mapa, o mais indicado a utilizar é a representação vetorial. Caso contrário, para a elaboração de mapas que necessitam de operação de álgebra, estas são mais facilmente realizadas pela representação matricial. Porém, este tipo requer maior espaço de armazenamento de dados.

No mapeamento de uma área, são utilizados dados vetoriais e matriciais, na qual compõe camadas, que são chamadas de *Layers*. Estas permitem uma melhor manipulação dos dados, de forma que permite adicionar à plotagem do mapa apenas as de interesse de estudo (FITZ, 2008).

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento remoto pode ser definido pela aplicação de dispositivos, que colocados em aeronaves ou satélites, faz com que possibilite obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície terrestre, sem que necessite de contato físico com eles (ROCHA, 2000, p. 115).

O uso do sensoriamento remoto é utilizado para obtenção de dados, sem que haja a necessidade de gastar tempo em dinheiro para a coleta de informações em campo (ROSA; BRITO, 1996).

De acordo com IBGE (1999), a utilização de sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, satélites entre outros, origina estudos referentes ao ambiente terrestre. Dessa forma, o estudo se dá por meio de registros e análises das interações, entre a radiação eletromagnética e das substâncias do planeta.

O sensoriamento remoto permite através da utilização de fotografias aéreas e de imagens de satélite, que na elaboração do mapa de uma determinada área, disponha de informações sem a necessidade de realizar inúmeras visitas ao campo para a coleta de dados. Dessa forma, o sensoriamento remoto é bem aplicado em áreas extensas ou de difícil acesso, onde proporciona um reconhecimento rápido e serve de subsídio a pesquisas mais aprofundadas em campo (JOLY, 2003).

Ainda para Joly (2003), é indispensável a elaboração de uma fotoidentificação, que selecione na imagem os detalhes relevantes para o estudo, com a identificação de formas e objetos. Se não for possível essa realização, devido a qualidade da imagem, escala ou tamanho dos objetos, utiliza-se dados indiretos, como aqueles possíveis de serem obtidos pelo contraste de tonalidades. Essa representação se chama de fotointerpretação, que destaca a importância relativa de cada componente, seu sentido no conjunto e suas interdependências.

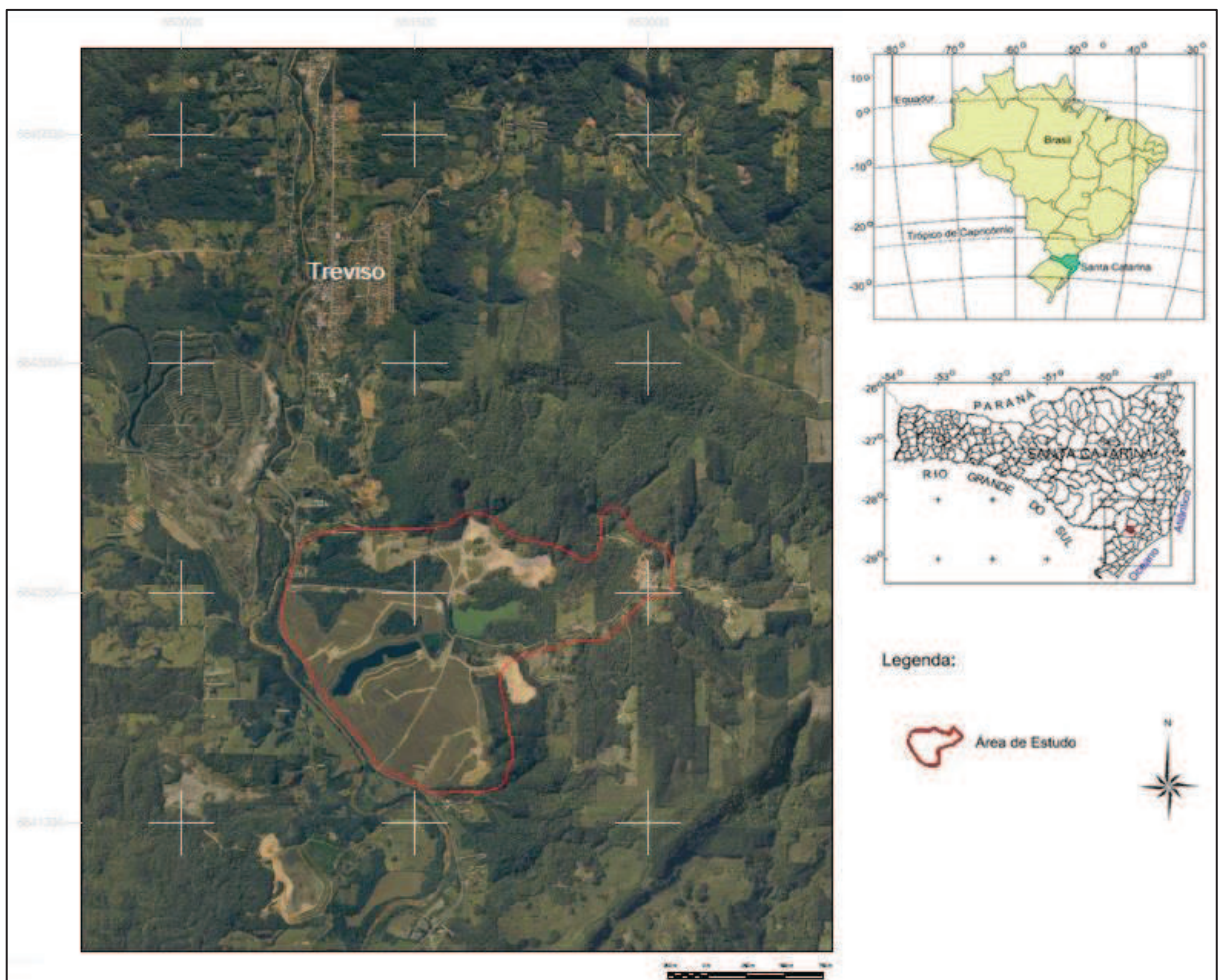
3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) apresenta uma extensão total de 226,90 ha e encontra-se situada no município de Treviso - SC, distante 220 km da capital Florianópolis, localiza-se na sub-bacia do rio Mãe Luzia, na bacia hidrográfica do rio Araranguá, próximo às encostas da serra geral, entre as praias do litoral Sul e o planalto serrano, nas coordenadas UTM 6513 16 / 6841727, às margens da Rodovia SC-447 (FRASSETO, 2013, p. 12).

Trata-se de uma área em processo de recuperação ambiental, onde em épocas passadas, foi realizada a exploração de carvão mineração utilizando-se o método de lavra a céu aberto.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: do autor, 2014.

Atualmente esta área está em processo de reabilitação ambiental, no qual se faz necessários serviços contínuos de monitoramento, sendo considerado este o principal instrumento de avaliação dos compartimentos ambientais.

Todavia deve ser salientado que, por motivos de sigilo e acordo firmado previamente com as autoridades responsáveis pela área em estudo e a autoria deste trabalho, o empreendimento não terá seu nome citado.

3.2 GERAÇÃO DOS DADOS

Considerando o objetivo do presente trabalho, procedeu-se inicialmente uma análise das atividades de monitoramento que integram o Programa de Monitoramento Ambiental da área de estudo.

Através de análise prévia do Programa foram definidos os compartimentos ambientais que devem compor o banco de dados (Figura 2).

Após a definição dos compartimentos que devem compor o banco de dados e o sistema, iniciou-se a coleta e organização dos dados/informações de cada um dos compartimentos ambientais avaliados, bem como a sistematização das informações espaciais de cada estação amostral monitorada.

Figura 2– Fluxograma das etapas de trabalho

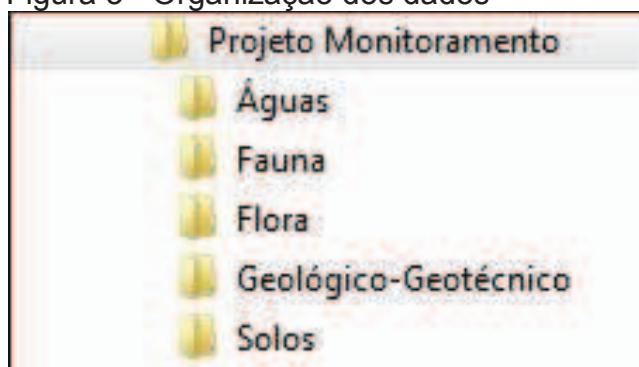


Fonte: do autor, 2014.

3.3 ORGANIZAÇÃO/ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS

Para a organização/estruturação dos dados, foi gerada uma pasta principal e nela foram inseridas pastas com os respectivos nomes dos compartimentos ambientais que integrarão o banco de dados, sendo definidos por águas, fauna, flora, geológico-geotécnico, solos (Figura 3).

Figura 3 - Organização dos dados



Fonte: do autor, 2014.

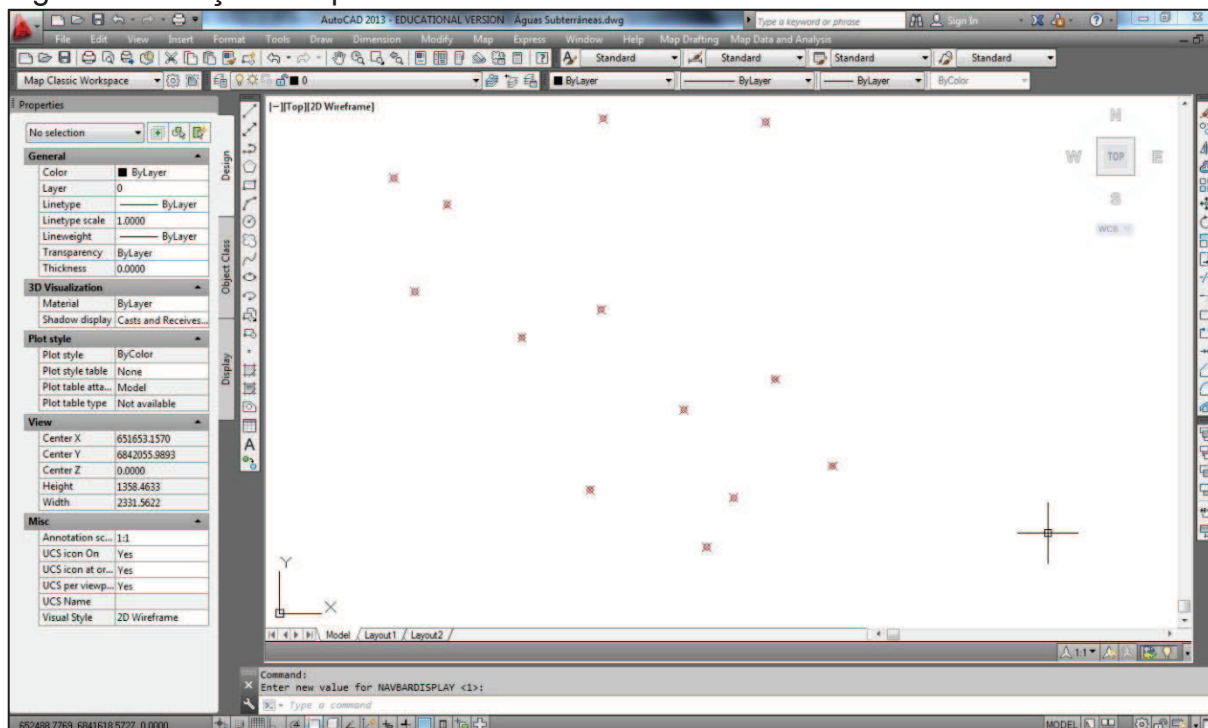
Através de análises dos relatórios do plano de monitoramento da área de estudo, buscou definir como os compartimentos ambientais seriam representados graficamente em um plano cartográfico, sendo estes definidos por pontos e polígonos. Os compartimentos ambientais representados por pontos foram os de águas, solo infiltração, geológico-geotécnico, fauna (Ictiofauna) e flora, e os representados por polígonos foram solo fertilidade e fauna (Ornitofauna, Mastofauna e Herpetofauna).

Com a representação gráfica definida, se deu início a criação da localização dos compartimentos ambientais espacialmente georeferenciadas. Utilizaram-se os mapas da área de estudo, sendo estes elaborados no *software AutoCad* com sistema de coordenada geodésica SAD69, contendo as localizações dos pontos de coleta de dados em campo dos compartimentos ambientais que integrarão o banco de dados.

Com a disponibilização dessas informações e a utilização do *software AutoCad* (Figura 4), foi possível gerar separadamente os pontos e polígonos que são utilizados na coleta de dados em campo para cada compartimento na elaboração de seu monitoramento ambiental e salvo em formato “*AutoCad2000/LT2000 .dwg*” para

poderem ser carregados no sistema de informação geográfica utilizado na elaboração do projeto. Sendo criada a pasta CAD para cada pasta dos compartimentos ambientais.

Figura 4 - Criação dos pontos utilizando *software AutoCad*



Fonte: do autor, 2014.

Com a criação dos pontos, iniciou-se a organização e sistematização dos dados ambientais, a fim de se definir como seria a integração dos compartimentos ambientais no banco de dados. Com isso, se definiu pela representação somente do último resultado de monitoramento ambiental realizado para cada compartimento, e disponibilizados os relatórios anteriores em arquivos “PDF”. Os resultados de monitoramento de águas, solo infiltração, solo fertilidade, fauna (Ictiofauna) e flora que não fazem parte da Área de Preservação Permanente (APP) foram digitalizados no *software Microsoft Excel* por estarem representados nos relatórios de formas discursivas e numéricas, digitalizando apenas os numéricos (Figura 5). Optou-se pela geração de arquivos PDF (Figura 6) os resultados do monitoramento Geológico-Geotécnico, fauna (Ornitofauna¹, Mastofauna² e Herpetofauna³) por serem

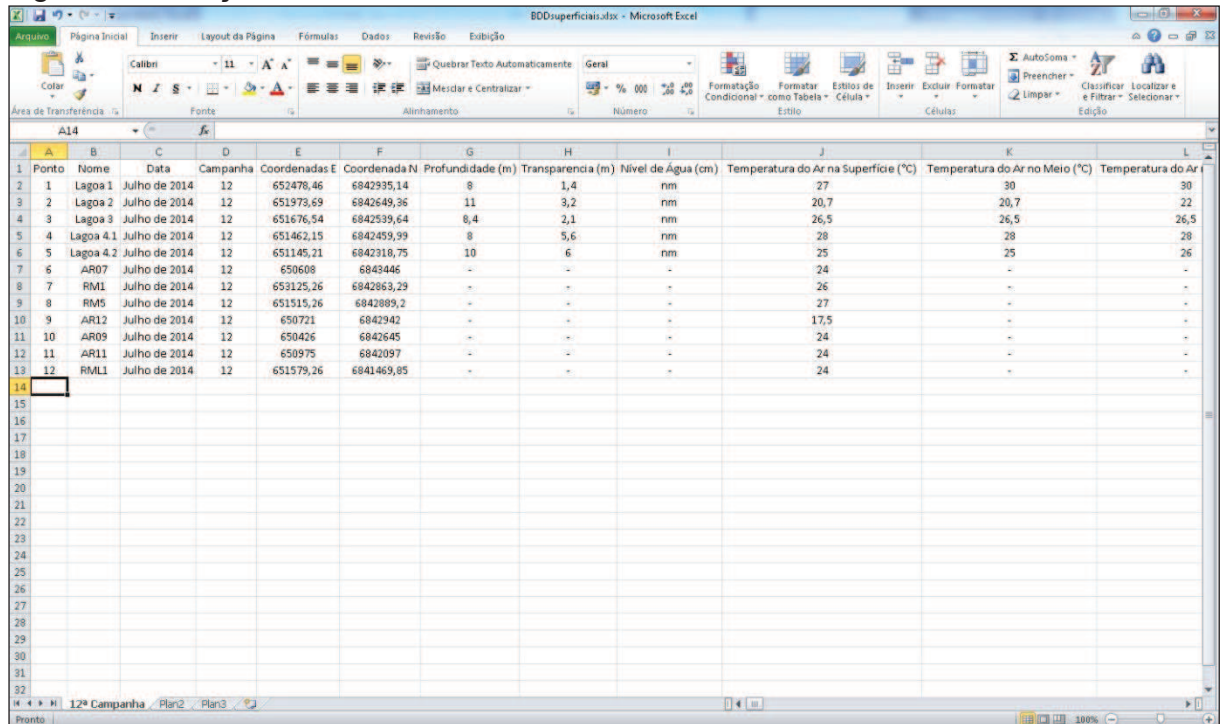
¹ Grupo animal envolvendo espécies de aves.

² Grupo animal envolvendo espécies de mamíferos.

³ Grupo animal envolvendo espécies de anfíbios e répteis.

descritivos e flora (áreas de APP) para uma melhor visualização, por estarem divididos em três classes para cada ponto. Sendo criada à pasta BDD para cada pasta dos compartimentos.

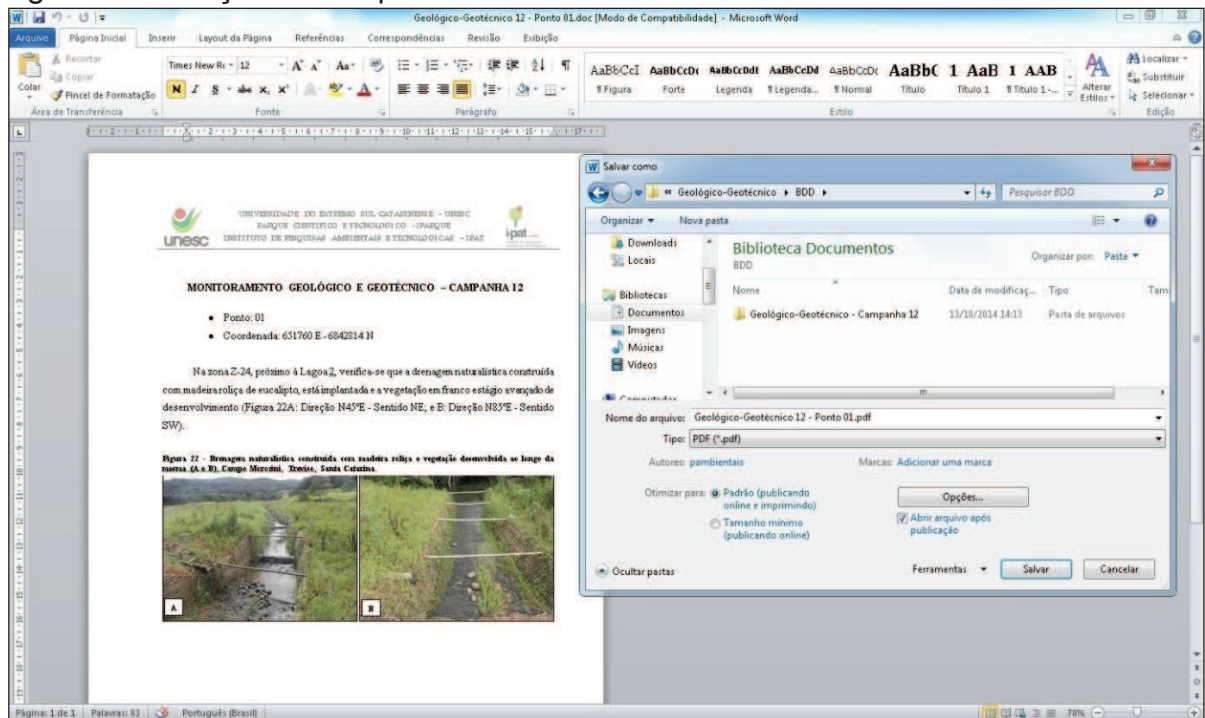
Figura 5 – Criação do banco de dados no *software Microsoft Excel*



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Ponto	Nome	Data	Campanha	Coordenadas E	Coordenada N	Profundidade (m)	Transparência (m)	Nível de Água (cm)	Temperatura do Ar na Superfície (°C)	Temperatura do Ar no Meio (°C)	Temperatura do Ar
1	1	Lagoa 1	Julho de 2014	12	652478,46	6842935,14	8	1,4	nm	27	30	
2	2	Lagoa 2	Julho de 2014	12	651973,69	6842649,36	11	3,2	nm	20,7	20,7	22
3	3	Lagoa 3	Julho de 2014	12	651676,54	6842539,64	8,4	2,1	nm	26,5	26,5	26,5
4	4	Lagoa 4.1	Julho de 2014	12	651462,15	6842459,99	8	5,6	nm	28	28	28
5	5	Lagoa 4.2	Julho de 2014	12	651145,21	6842318,75	10	6	nm	25	25	26
6	6	AR07	Julho de 2014	12	650608	6843446	-	-	-	24	-	-
7	7	RM1	Julho de 2014	12	653125,26	6842863,29	-	-	-	26	-	-
8	8	RM5	Julho de 2014	12	651515,26	6842889,2	-	-	-	27	-	-
9	9	AR12	Julho de 2014	12	650721	6842942	-	-	-	17,5	-	-
10	10	AR09	Julho de 2014	12	650426	6842645	-	-	-	24	-	-
11	11	AR11	Julho de 2014	12	650975	6842097	-	-	-	24	-	-
12	12	RML1	Julho de 2014	12	651579,26	6841469,85	-	-	-	24	-	-
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												

Fonte: do autor, 2014.

Figura 6 - Geração dos arquivos PDF



Fonte: do autor, 2014.

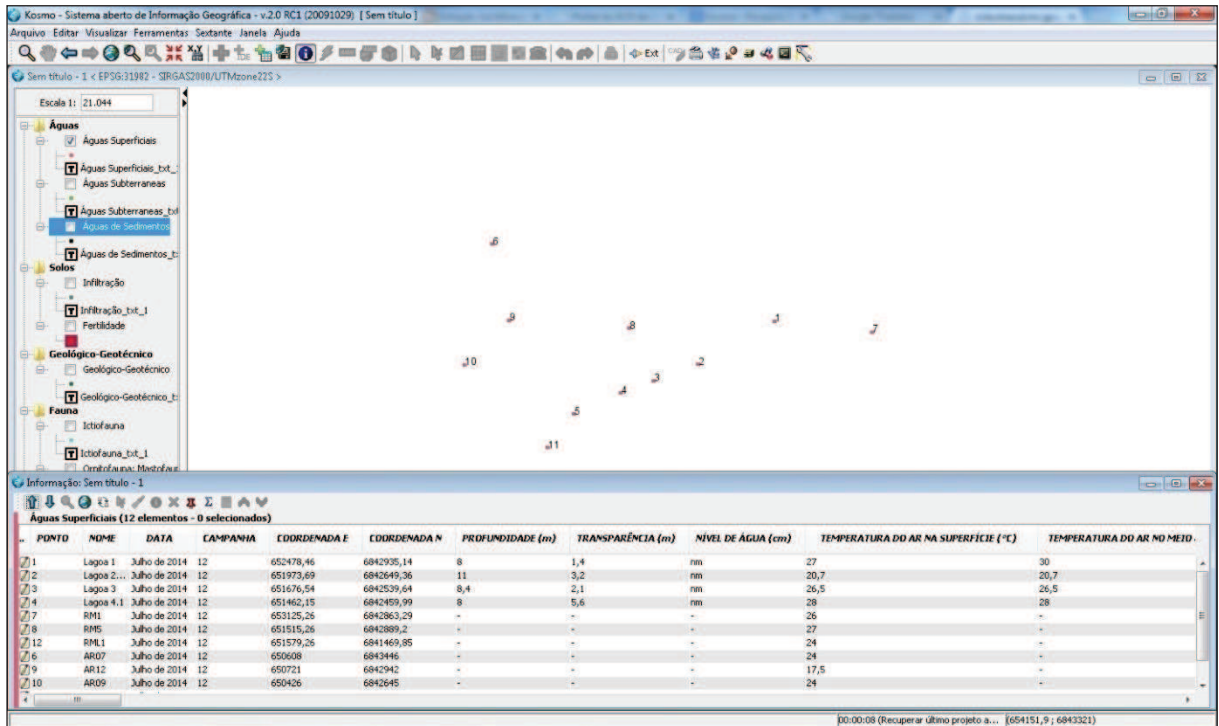
Com os dados organizados e sistematizados no *software Microsoft Excel*, os mesmos foram transferidos para o *software Microsoft Access* (Figura 7).

Figura 7 - Utilização do *software Microsoft Access*

Ponto	Bloco	Zona	Data	Campanha	Coordenadas E	Coordenada N	Velocidade de Infiltração (cm/h)	Classificação
1		Controle	Janeiro de 2014	11	653609	6842738	25,82	Muito Alta
2	2	Z-2	Janeiro de 2014	11	651716	6842325	0,57	Baixa
3	2	Z-3	Janeiro de 2014	11	651602	6842110	0,06	Baixa
4	2	Z-4	Janeiro de 2014	11	651426	6841812	0,41	Baixa
5	2	Z-5	Janeiro de 2014	11	651565	6841521	0,08	Baixa
6	2	Z-6	Janeiro de 2014	11	651921	6842011	0,15	Baixa
7	3	Z-9	Janeiro de 2014	11	651656	6842290	0	Baixa
8	3	Z-10	Janeiro de 2014	11	651493	6842140	0	Baixa
9	3	Z-11	Janeiro de 2014	11	651569	6842125	0,07	Baixa
10	3	Z-12	Janeiro de 2014	11	651441	6841917	0,36	Baixa
11	3	Z-13	Janeiro de 2014	11	651374	6841807	1,42	Baixa
12	3	Z-14	Janeiro de 2014	11	650643	6842686	2,61	Baixa
13	3	Z-15	Janeiro de 2014	11	651329	6842335	0	Baixa
14	3	Z-16	Janeiro de 2014	11	651500	6842701	0,1	Baixa
15	3	Z-17	Janeiro de 2014	11	651512	6842723	0,21	Baixa
16	3	Z-18	Janeiro de 2014	11	651141	6842793	0	Baixa
17	5	Z-21	Janeiro de 2014	11	651337	6843118	3,52	Alta
18	5	Z-23	Janeiro de 2014	11	651865	6843108	1,25	Média
19	5	Z-24	Janeiro de 2014	11	651779	6842922	1,56	Média
20	5	Z-26	Janeiro de 2014	11	652408	6842934	0,88	Baixa

Fonte: do autor, 2014.

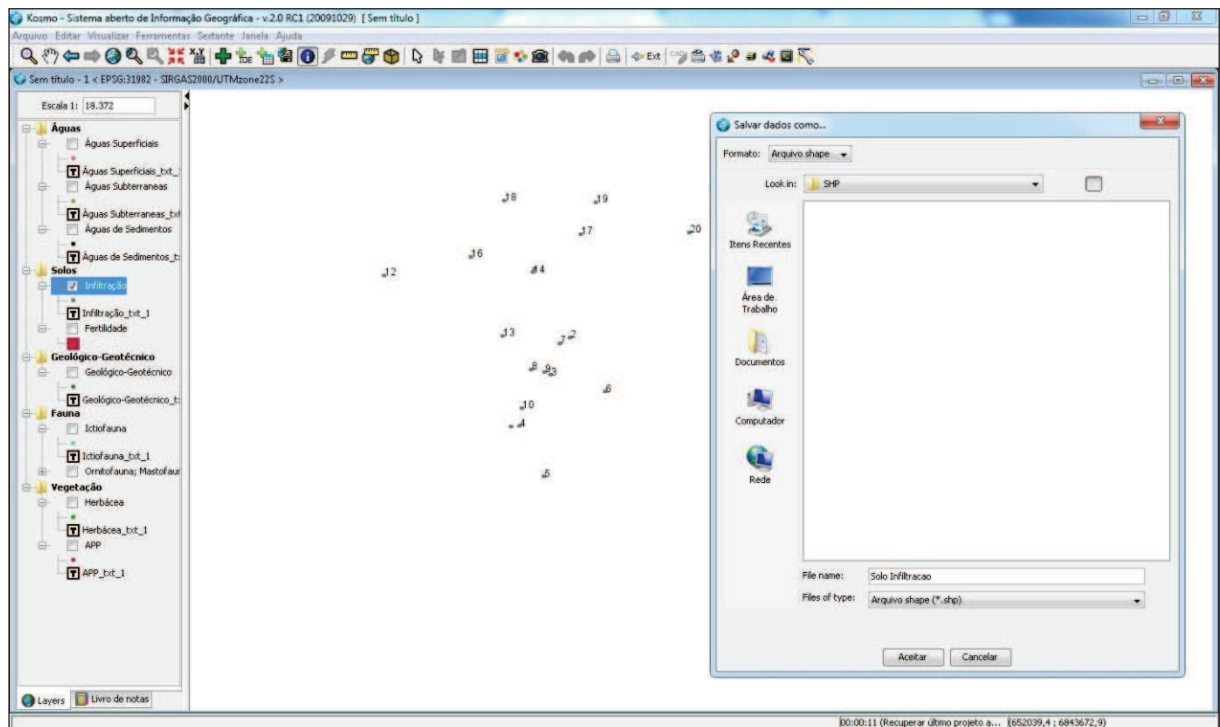
Figura 9 - Junção dos pontos e polígonos com o banco de dados no *software Kosmo*



Fonte: do autor, 2014.

Após a junção dos pontos e polígonos com o banco de dados utilizando o *software Kosmo*, cada compartimento ambiental foi salvo em formato arquivo *shape* (.shp) conforme a figura 10, e criada a pasta “SHP” para cada pasta dos compartimentos ambientais.

Figura 10 - Geração dos *shapes*

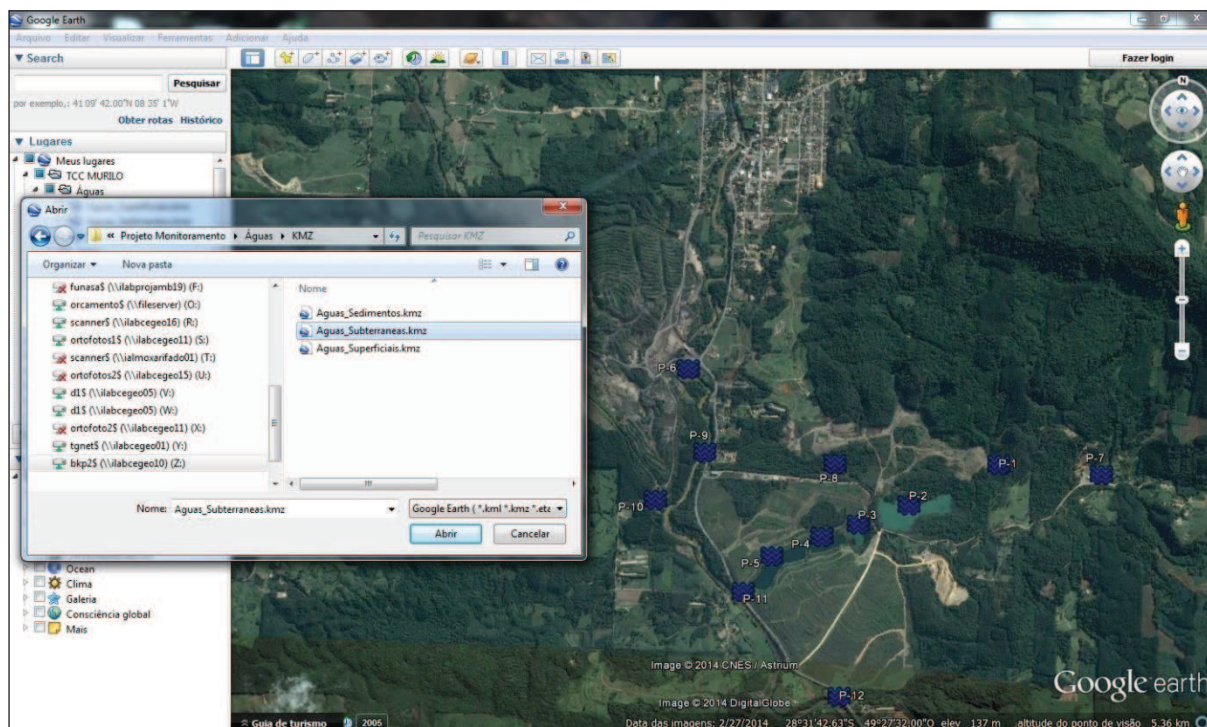


Fonte: do autor, 2014.

Com o auxílio do *software ArcGIS*, possibilitou-se converter os arquivos *shapes* referenciados em *SAD69* para formatos “KMZ” e referenciados em “WGS84”, sendo respectivamente o formato do arquivo e o sistema de coordenadas aceito é pelo *software Google Earth*, e criada a pasta KMZ para cada pasta dos compartimentos ambientais.

Com os arquivos em KMZ, foi possível fazer a inserção no *software Google Earth*, conforme a figura 11.

Figura 11 - Inserção dos arquivos KMZ no *software Google Earth*



Fonte: do autor, 2014.

Utilizando o *software FrontPage*, possibilitou-se modificar o layout de apresentação, juntamente com as tabelas e padronizá-los para todos os compartimentos (Figura 12), para uma melhor visualização dos resultados, além de gerar links em formatos HTML dos arquivos PDF e das tabelas modificadas, sendo criada a pasta HTML para cada pasta dos compartimentos ambientais.

Figura 12 - Utilização do software FrontPage

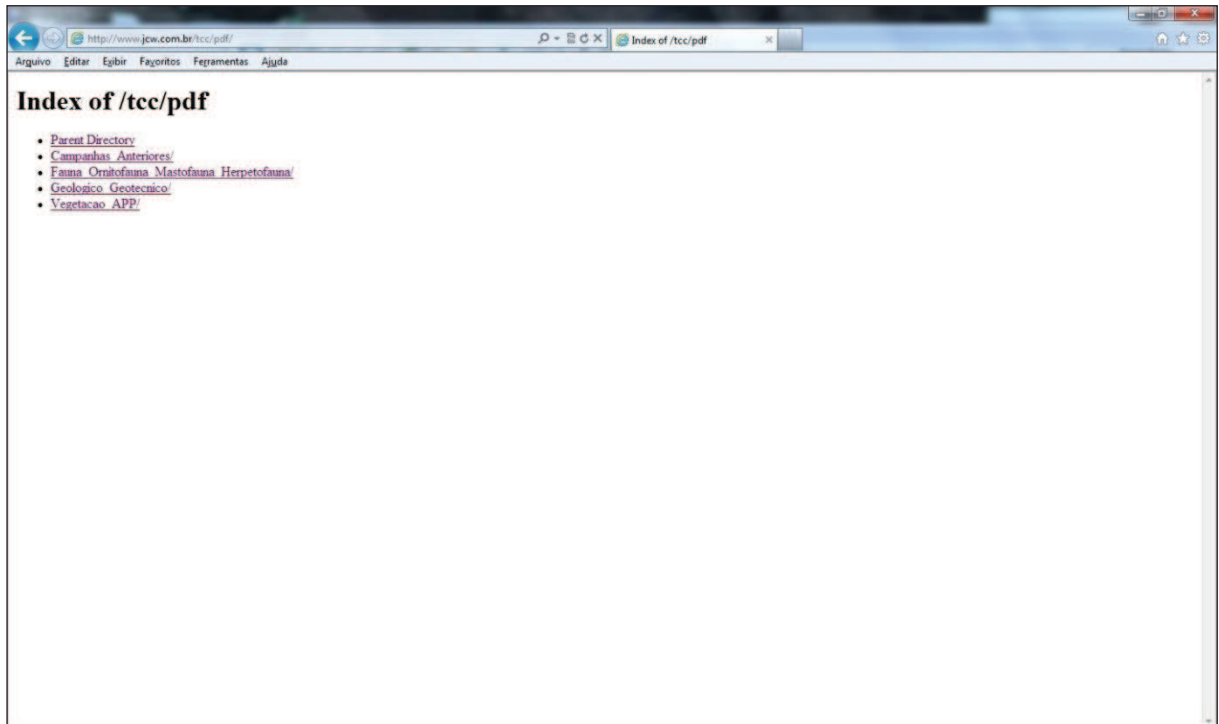
The screenshot shows the Microsoft FrontPage 2003 interface. The title bar indicates the file path: C:\Users\Murilo\Desktop\TCC\HTML\1.htm. The menu bar includes Arquivo, Editar, Exibir, Inserir, Formatar, Ferramentas, Tabela, Dados, Quadros, Janela, and Ajuda. The toolbar contains various icons for file operations and formatting. The status bar at the bottom shows 'Design', 'Divisão', 'Código', 'Visualização', and a status line with '0:13@56Kbps 1005 x 534 Padrão Personalizado'.

PARÂMETROS	RESULTADOS
PONTO	1
NOME	Lagoa 1
DATA	Julho de 2014
CAMPANHA	12
COORDENADA E	652478,46
COORDENADA N	6842935,14
PROFUNDIDADE (m)	8
TRANSPARÊNCIA (m)	1,4
NÍVEL DE ÁGUA (cm)	0m
TEMPERATURA DO AR NA SUPERFÍCIE (°C)	27
TEMPERATURA DO AR NO MEIO (°C)	30
TEMPERATURA DO AR NO FUNDO (°C)	30
TEMPERATURA DA ÁGUA NA SUPERFÍCIE (°C)	20,8
TEMPERATURA DA ÁGUA NO MEIO (°C)	15,4
TEMPERATURA DA ÁGUA NO FUNDO (°C)	15
VAZÃO (L.s ⁻¹)	-
pH SUPERFÍCIE (19,5°C)	6,8
pH MEIO (19,5°C)	5,8
pH FUNDO (19,5°C)	5,7
pH (22°C)	-
POTENCIAL REDOX SUPERFÍCIE (mV)	151,8
POTENCIAL REDOX MEIO (mV)	203,1
POTENCIAL REDOX FUNDO (mV)	225,1
CONDUTIVIDADE SUPERFÍCIE (mS.cm ⁻¹)	0,045
CONDUTIVIDADE MEIO (mS.cm ⁻¹)	0,043
CONDUTIVIDADE FUNDO (mS.cm ⁻¹)	0,044
ACIDEZ TOTAL SUPERFÍCIE (mg.l ⁻¹)	3,8

Fonte: do autor, 2014.

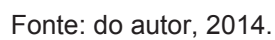
Cada tabela e arquivos PDF foram analisados criteriosamente, a fim de se confirmar se os links estavam corretamente inseridos em seus devidos pontos e polígonos. Para a abertura de todos os arquivos PDF gerados incluindo as campanhas anteriores, foram inseridos em um FTP na internet (Figura 13), possibilitando fazer as transferências dos arquivos.

Figura 13 - Arquivos PDF inseridos em um FTP



Fonte: do autor, 2014.

Cada link gerado em formato HTML foi aberto em um navegador de internet, a fim de exibir seu código fonte, para ser copiado e colado na descrição do respectivo ponto e polígono no *software Google Earth* (Figura 14).



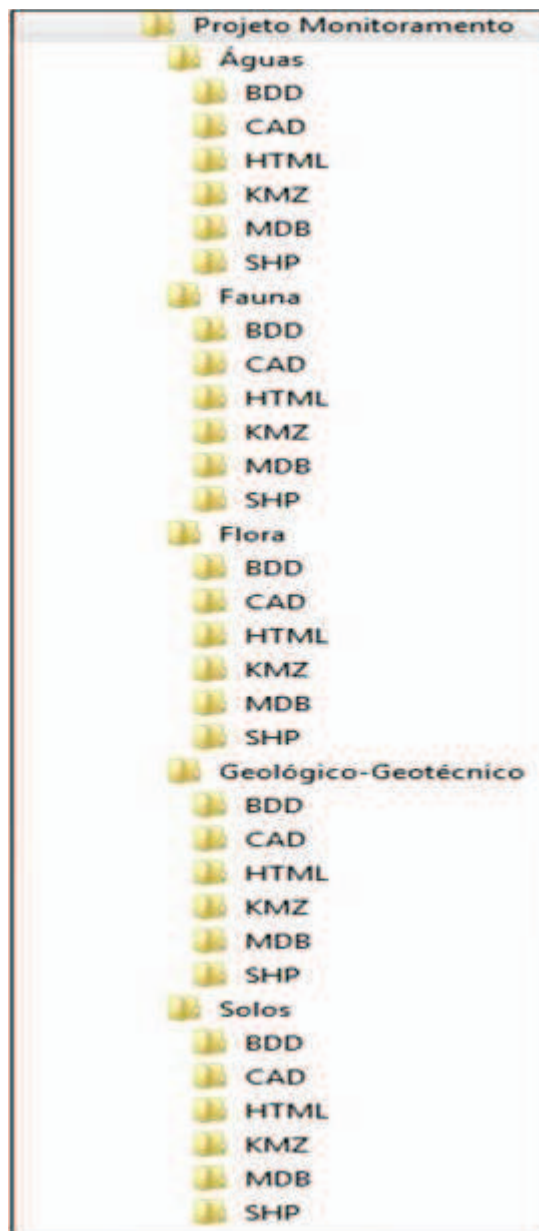
Assim, com o término da colagem dos códigos fontes na descrição dos pontos e polígonos, finalizou-se a elaboração do projeto, onde este por sua vez será apresentado e analisado na próxima etapa.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Para a elaboração do sistema proposto utilizou-se uma série de softwares, na qual foram adicionadas para cada pasta dos compartimentos ambientais as pastas com a identificação de seus arquivos gerados, a fim de manterem os dados organizados, conforme a figura 15.

Figura 15 - Organização geral dos dados



Fonte: do autor, 2014.

O banco de dados criado contemplou a integração de informações oriundas de 12 campanhas de monitoramento de sete compartimentos ambientais, sendo esses: Águas (superficiais, sedimentos e subterrâneas), Solos, Geológico-Geotécnico, Fauna e Flora.

A tabela 1 apresenta a forma que os dados foram sistematizados.

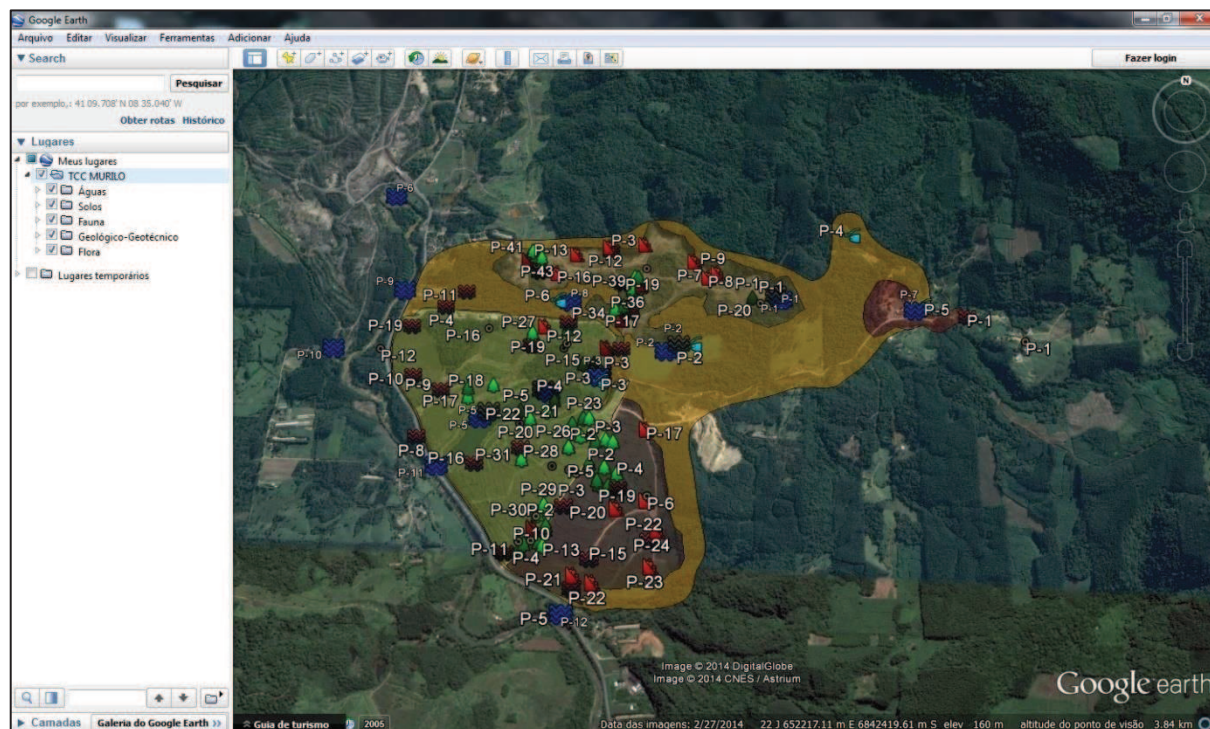
Tabela 1 - Sistematização dos dados

Compartimento Ambiental	Números de Campanhas	Números de Informações	Números de Parâmetros Considerados	Representação Gráfica	Números de Elementos Gráficos
Águas Superficiais	12	6	92	Ponto	12
Águas Subterrâneas	12	6	19	Ponto	22
Águas de Sedimentos	12	6	11	Ponto	5
Solos Infiltração	11	7	2	Ponto	20
Solos Fertilidade	11	4	16	Polígono	4
Geológico-Geotécnico	12	3	-	Ponto	21
Fauna – Ictiofauna	12	6	9	Ponto	6
Fauna - Ornitofauna; Mastofauna; Herpetofauna	12	4	-	Polígono	1
Vegetação – Herbácea	10	6	3	Ponto	45
Vegetação – APP	10	6	7	Ponto	5

Fonte: do autor, 2014.

A figura 16 demonstra a representação espacial do sistema proposto no *software Google Earth*, após a inserção de todas as representações gráficas, juntamente com suas informações.

Figura 16 - Representação espacial do sistema proposto



Fonte: do autor, 2014.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

4.2.1 Águas

O banco de dados para este compartimento ambiental contemplou a análise de 12 campanhas de monitoramento da área, citando informações padrões para os 3 tipos de monitoramento realizados para este compartimento que são águas superficiais, águas subterrâneas e águas de sedimentos. As informações citadas corresponderam ao ponto de coleta de amostra, nome do ponto, data do relatório de monitoramento, o número da campanha de monitoramento e as coordenadas E e N do ponto.

- **Águas superficiais:** Os parâmetros de análise mencionados foram a profundidade, transparência, nível da água, temperatura do ar, temperatura da água, vazão (contendo resultados somente em sistemas lóticos), pH 19,5°C (contendo resultados somente em sistemas lênticos), pH 22°C (contém resultados somente em

sistemas lóticos), potencial redox, condutividade, acidez total, alcalinidade total, DBO, fósforo total, alumínio total, cálcio, chumbo, cromo total, ferro total, ferro II, ferro III, magnésio, manganês total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, sólidos totais, sulfatos, sulfeto, coliformes totais, coliformes fecais, bactérias ferroxidantes e bactérias sulfatorredutoras. Salienta-se que, para todos os parâmetros em excesso o profundidade, transparência e nível da água, para os ecossistemas lênticos, sendo esses as lagoas existentes dentro da área de estudo, foram expressos resultados para superfícies, meio e fundo, pois são referentes à profundidade da lagoa para posteriores comparações, e para os ecossistemas lóticos, sendo para esses os rios que fazem parte do monitoramento da área, são consideradas apenas amostragens superficiais. A realização deste monitoramento resulta na coleta de amostras em 12 pontos com locais diferentes.

- Águas subterrâneas: Os parâmetros de análise mencionados foram o nível estático antes da purga, o nível estático antes da coleta, temperatura do ar, temperatura da água, pH, potencial redox, condutividade, acidez total, alcalinidade, alumínio total, alumínio solúvel, cromo total, cromo solúvel, ferro total, ferro solúvel, manganês total, manganês solúvel, sólidos dissolvidos e sulfatos. A realização deste monitoramento resulta na coleta de amostras em 22 poços distribuídos ao longo da área.
- Águas de sedimentos: Os parâmetros de análise mencionados foram o pH, umidade 105°C, matéria orgânica (MO), POR, sulfato total, sulfeto total, ferroxidantes e sulfatorredutoras. Salienta-se que, as coletas das amostras para este monitoramento são realizadas nos mesmos locais para os ecossistemas lênticos para o de águas superficiais. A realização deste monitoramento resulta na coleta de amostras em 5 pontos com locais diferentes.

4.2.2 Solos

O banco de dados para este compartimento ambiental contemplou a análise de 11 campanhas de monitoramento da área. Para este compartimento são analisadas duas condições que são a infiltração e a fertilidade do solo.

- Solo Infiltração: As informações citadas para compor o banco de dados deste compartimento ambiental corresponderam ao ponto de coleta de amostra, o bloco e a zona de coleta da amostra, a data do relatório de monitoramento, o número da campanha e as coordenadas E e N. Os parâmetros de análise mencionados foram velocidade de infiltração e classificação. A realização deste monitoramento resulta na coleta de amostras em 20 pontos com locais diferentes.
- Solo Fertilidade: As informações citadas para compor o banco de dados deste compartimento ambiental corresponderam ao ponto, o bloco de coleta de amostra, a data do relatório de monitoramento, o número da campanha. Os parâmetros de análise mencionados foram a textura, pH, SMP, fósforo, potássio, matéria orgânica (MO), alumínio, cálcio, magnésio, sódio, H + Al, S, CTC, V, pH CaCl₂ e ferro. A realização deste monitoramento se resulta pela coleta de várias amostras dentro de 4 blocos (polígonos), sendo um de controle fora da área de estudo para posterior comparação.

4.2.3 Geológico-Geotécnico

O banco de dados para este compartimento ambiental contemplou a análise de 12 campanhas de monitoramento da área. Resultou na geração de 21 arquivos PDF descritivo dos resultados analisados *in loco* referentes à quantidade de pontos com locais diferentes, citando informações referentes ao número da campanha, o seu ponto de coleta de dados e suas coordenadas E e N.

4.2.4 Fauna

O banco de dados para este compartimento ambiental contemplou a análise de 12 campanhas de monitoramento da área. Devido a suas diferenças de representação gráfica utilizada no trabalho, estes foram divididos em dois grupos faunísticos, sendo um constituído somente pelo Ictiofauna, e outro por Ornitofauna, Herpetofauna e Mastofauna.

- Ictiofauna: A representação gráfica para este monitoramento foi definida por pontos, resultando num total de 6, com locais diferentes para a coleta das amostras. As informações citadas para compor o banco de dados corresponderam ao ponto de coleta de dados, do nome do ponto, da data do relatório de monitoramento, o número da campanha e as coordenadas E e N. Os parâmetros de análise mencionados foram ordem, família, espécie e seu nome comum.
- Ornitofauna, Herpetofauna e Mastofauna: A representação gráfica para este monitoramento foi definida por um polígono, sendo este representado pela área de estudo. Resultou na geração de um arquivo PDF descritivo dos resultados analisados *in loco* referente a toda área, citando informações referentes ao número da campanha e contendo a descrição de cada grupo faunístico relacionado ao polígono gerado.

4.2.5 Flora

O banco de dados para este compartimento ambiental contemplou a análise de 12 campanhas de monitoramento da área. Para este compartimento são realizados monitoramento para área que não fazem parte da APP e para as que fazem parte da APP.

- Áreas de não APP: As informações citadas para compor o banco de dados deste compartimento ambiental corresponderam ao ponto de coleta de dados, o código da estação, a data do relatório de monitoramento, o número da campanha e as coordenadas E e N.

Os parâmetros de análise mencionados área amostral, cobertura total e altura média. A realização deste monitoramento resulta na coleta de dados em 45 pontos com locais diferentes.

- Áreas de APP: A realização deste monitoramento resulta na coleta de dados em 5 pontos com locais diferentes, separados em três classes divididas em parcelas 2x2 de estrato herbáceo, 5x5 de estrato arbustivo e 10x10 de estrato arbóreo para cada ponto de coleta de dados. As informações citadas para compor o banco de dados deste compartimento ambiental foram padronizadas para todas as parcelas e corresponderam ao ponto de coleta de dados, o código da estação, a parcela do estrato arbóreo, a data do relatório de monitoramento, o número da campanha, as coordenadas E e N e a unidade amostral. Os parâmetros de análises mencionados para a parcela 2x2 foram os números da unidade amostral, número de indivíduos, espécies, cobertura vegetal e altura. Para a parcela 05x05 foram os números da unidade amostral, número de indivíduos, espécies e altura. Para a parcela 10x10 foram os números da unidade amostral, números de indivíduos, espécies, DAP, área basal e altura. Resultando na geração de 15 arquivos PDF contendo as tabelas com os parâmetros e seus resultados.

4.3 DISCUSSÃO DOS DADOS

O sistema proposto representa os resultados referentes a uma única campanha de monitoramento ambiental.

A integração das informações dos diferentes compartimentos ambientais faz parte de um único sistema exposto em um plano cartográfico com uso de um *software*, que nele representa a localização do ponto ou polígono de referência para análise das informações contidas.

O sistema criado permite a atualização das informações sempre que realizadas novas campanhas de monitoramento. As atualizações do sistema podem se dar de forma que os resultados fornecidos estejam sistematizados pelos técnicos responsáveis, para que sua atualização possa ser realizada sem de maneira clara e objetiva, evitando deste modo, erros associados a alimentação do banco de dados.

Os compartimentos ambientais mencionados no sistema que forneceram maiores dificuldades foram fauna e flora, já que seus resultados contidos nos relatórios não ofereciam os resultados de forma clara para serem inseridos no banco de dados.

A melhor forma de representação empregada na elaboração do sistema proposto foi por pontos, pois para estes são representadas claramente sua localização num espaço cartográfico.

Já os compartimentos representados por polígonos não foram bem aceitos devido à forma que são realizadas as coletas de dados, não permitindo apresentar os dados em seus respectivos locais, salientando que para o monitoramento do solo (fertilidade), a geração de polígonos para sua representação gráfica foi à única opção.

O modo que o sistema é representado, não permite fazer modelagem entre os compartimentos, portanto permite fazer comparações entre eles, para que tenham uma relação entre si, de forma que um justifique o outro.

O software utilizado para representar o sistema fornece o uso de um filtro, que permite representar no plano apenas os dados que são relevantes para análise, além de possibilitar um compartilhamento dos resultados via *Web* para as partes interessadas.

Considerando, a proposta e objetivo de um Sistema de Informações Geográficas aplicado a gestão de dados ambientes oriundos de atividades de monitoramento de área em processo de recuperação ambiental, é essencial que o planejamento do SIG seja concomitante ao planejamento das atividades de monitoramento ambiental. De maneira, que as informações coletadas para cada um dos compartimentos ambientais avaliados possam facilmente integrar o Sistema e o respectivo do banco de dados, proporcionando assim a criação de uma ferramenta mais efetiva para a gestão das informações geradas.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho vem a contribuir como subsídio, para as partes interessadas da área em estudo, de forma que forneçam um rápido acesso as informações da última campanha de monitoramento ambiental na qual se deseja analisar. O sistema permitirá que os diferentes técnicos tenham acesso para que possam inserir dados, acessar dados existentes e atualizar os dados dos seus respectivos compartimentos. Assim, o sistema envolvido é ferramenta inovadora que propicia o armazenamento, gerenciamento e visualização dos dados de restrita ou irrestrita. Porém, se limita em expor de forma rápida e clara as informações contidas nas campanhas anteriores, sendo essas disponíveis somente nos relatórios completos da área.

Os resultados obtidos apontaram que a criação da ferramenta apresentou resultados positivos e negativos, demonstraram que seu uso prestou-se como um instrumento que permitirá uma interação dinâmica entre usuário x máquina na sua visualização, fazendo com o usuário saiba ao certo o local que está analisando, na qual poderá fazer comparações de resultados se um compartimento intervém no resultado de outro.

O trabalho resulta na apresentação e aplicação de um plano de monitoramento ambiental realizado em uma área de recuperação ambiental. Sua elaboração foi limitada pelo tempo de execução, que devido a isso foi apresentado somente os resultados da última campanha de monitoramento. Assim, a produção desta ferramenta abre a possibilidade para trabalhos futuros de complementação, elencados como: separação dos resultados de cada compartimento ambiental desde a sua primeira campanha de monitoramento, e padronizá-los as informações e parâmetros de análise, de modo que só modifiquem os resultados neles contidos e seu respectivo número de relatório analisado, a criação de um ícone junto com o polígono da área de estudo, que nele sejam inseridas imagens espaciais da área desde o início da recuperação até o momento da atual campanha de monitoramento realizada, demonstrando desta forma a evolução de recuperação da área.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Ilhéus: Editus, 2000.130p.

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas**: estudos dos procedimentos aplicados em mineração de areia. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. 160 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13030**: Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Rio de Janeiro, 1999.

BHMN – BASE DE HIDROGRAFIA DA MARINHA EM NITERÓI. **Cap. 2. Projeções cartográfica**: a carta náutica. Niterói: Marinha do Brasil, s.d. Disponível em < <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap2a.pdf> >. Acesso em 30 de nov. 2014.

BORTOT, A.; ALEXANDRE, N. Z. Programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental da bacia do rio Tubarão e complexo lagunar. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 1, n. 1, p. 55-74, 1995.

CALLAI, H. C. Estudar o lugar pra compreender o mundo. In: CASTROGIOVANNI, A. C.; CALLAI, H. C.; KAERCHER, N. A. (Orgs.). Ensino de Geografia: prática e textualizações no cotidiano. Porto Alegre: Editora Mediação, 2000, p. 83-134.

CÂMARA, G. Representações computacionais do espaço. In: CASANOVA, M. et al. **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>>. Acesso em 20 set. 2014.

CAMARA, G. et al. **Anatomia de Sistemas de informação geográfica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>> Acesso em 25 set. 2014.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Introdução. In: CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S (Coord.). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2 ed. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1998. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/ >. Acesso em 20 set. 2014.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Modelagem de dados em geoprocessamento. In: CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S (Coord.). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2 ed. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1998. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/ >. Acesso em 20 set. 2014.

CASTILHOS, Z. C et al. **Metodologia para o monitoramento da qualidade das águas da bacia carbonífera sul catarinense**: ferramenta para gestão em poluição ambiental. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 105 p.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM/MCT). **Projeto conceitual para recuperação ambiental da bacia carbonífera sul catarinense**. v.1. Criciúma, 2001.

CITADINI-ZANETTE, V. Diagnóstico ambiental da região carbonífera no Sul de Santa Catarina: Recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão. **Revista de Tecnologia e Ambiente**. Criciúma, v. 5, n. 2, p. 51-62, 1999.

CITADINI-ZANETE, V. BACK, M. SANTOS, R. dos. Reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina. In: ALBA, J. M. F. **Recuperação de áreas mineradas: a visão dos especialistas brasileiros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 187-199. 2007.

COSTA, N. M. C. da; SILVA, J. X. da. Geoprocessamento aplicado à criação de planos de manejo: o caso do parque estadual da Pedra Branca – RJ. In: SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.

CTCL – CENTRO TECNOLÓGICO DO CARVÃO LIMPO, SATC – ASSOCIAÇÃO BENEFICIENTE DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA. **7º relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**: monitoramento de bocas de minas abandonadas. Criciúma: CTCL/SATC, 2013. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2013/7gta/GTA_7_2013_9_Bocas_de_Minas.htm>. Acesso em 4 set. 2014.

CTCL – CENTRO TECNOLÓGICO DO CARVÃO LIMPO, SATC – ASSOCIAÇÃO BENEFICIENTE DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA. **7º relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**: monitoramento cobertura do solo. Criciúma: CTCL/SATC, 2013. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2013/7gta/GTA_7_2013_7_Cobertura_do_Solo.htm>. Acesso em 4 set. 2014.

CTCL – CENTRO TECNOLÓGICO DO CARVÃO LIMPO, SATC – ASSOCIAÇÃO BENEFICIENTE DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA. **12º relatório de monitoramento ambiental do campo Malha II Oeste**. Criciúma: CTCL/SATC, 2011. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2012/CSN-2012/12_Relatorio_de_Monitoramento_Ambiental-MII-O.htm>. Acesso em 4 set. 2014.

(CETEM/MCT) - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Projeto conceitual para recuperação ambiental da Bacia carbonífera sul catarinense**. v.1. Criciúma, 2001.

DE LUCA, F.V; GASTALDON, M. C. Desenvolvimento sustentável e a recuperação das áreas degradadas abandonadas pela mineração do carvão na região sul do estado de Santa Catarina. **Revista de Tecnologia e Ambiente**. Criciúma, v. 5, n. 2, p. 19-33, 1999.

DUARTE, P. A., Fundamentos de cartografia. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2006. 208 p.

FARFAN, J. R. J; FILHO BARBOSA, O.; SOUZA, V.P de. **Avaliação do potencial de drenagem ácida de mina de rejeitos da indústria mineral**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 58p.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. Nova Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 143 p.

FRASSETTO, J. **Fauna de vertebrados em área de reabilitação ambiental no município de Treviso, Santa Catarina**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização). Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, 2013. 46 p. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/1928/Jonathan%20Frassetto.pdf?sequence=1> Acesso em 02 dez. 2014.

GUIDI, A.; QUADORS, J.; BELOLI, M. **A história do carvão de Santa Catarina**. Criciúma: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002. 300 p.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – UNESC - UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Diagnóstico Ambiental de Áreas Impactadas pela atividade extrativa de carvão mineral no Campo Morozini - Treviso – Santa Catarina**. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2003, vol.i.

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 30 de nov. 2014.

IBGE. **FAQ (Frequently asked questions – perguntas mais freqüentes)**. Rio de Janeiro: IBGE, s.d. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso 30 de nov. 2014.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – UNESC - UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental Campo Morozini – 3º Relatório de Monitoramento, Treviso, SC**. Criciúma: IPAT/UNESC, 2009, p. 122.

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

KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. A lavra de carvão e o meio ambiente em Santa Catarina. In: SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C. dos; POSSA, M. V. (Comp.). **Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2008, p. 25-35.

LEAL, J. V.; TODT, V.; THUM, A. B. O uso de SIG para monitoramento de áreas degradadas - Estudo de caso: APP do Arroio GIL, Triunfo (RS). **Revista brasileira de cartografia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 5, p. 967-983, Set/Out, 2013.

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

LOPES, R. P; SANTO, E. L; GALATTO, S. L. Mineração de carvão em Santa Catarina: geologia, geoquímica e impactos ambientais. In: MILIOLI, G; SANTOS, R. dos; CITADINI-ZANETTE, V. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina**: uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, p.51-70. 2009.

MENEHINI, J. W. **Contribuição do levantamento das características do solo no projeto de recuperação de uma área degradada pela mineração de carvão a céu aberto no município de Treviso (SC)**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização). Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2010. Disponível em: < <http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/0000436C.pdf> >. Acesso em 25 set. 2014.

MENEZES, C.T.B; LATTUADA, R.M; PAVEI, P.T. Estudos de sedimentos aquáticos contaminados por metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos oriundos da mineração de carvão. In: MILIOLI, G; SANTOS, R. dos; CITADINI-ZANETTE, V. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina**: uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, p.71-89. 2009.

MENEZES, C.T.B. **Tratamento de efluentes ácidos de mina por neutralização e remoção de metais**. Boletim técnico da escola politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2004. 20p.

MILIOLI, G. A indústria de mineração de carvão no Brasil – ideias para o futuro; o caso de Santa Catarina. In: MILIOLI, G; SANTOS, R. dos; CITADINI-ZANETTE, V. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina**: uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, p. 275-302. 2009.

PAVEI, P. T. **Caracterização e estudo do comportamento de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em ecossistemas aquáticos contaminados pelas atividades de mineração**. Tese (Mestrado em Ciências Ambientais). Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, 2007. 96 p. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000035/0000359F.pdf>> Acesso em 9 ago. 2014.

PEREIRA, S. Y. Impacto da drenagem ácida na água subterrânea. In: ALBA, J. M. F. **Recuperação de áreas mineradas**: a visão dos especialistas brasileiros. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 113-124. 2007.

POLZ, J. A. Recuperação de áreas impactadas pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina: gestão de rejeitos e revegetação. In: SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C. dos; POSSA, M. V. (Comp.). **Carvão Brasileiro**: Tecnologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2008, p. 75-92.

PROPOSTA SOBRE O CONJUNTO DE INDICADORES E PLANO DE MONITORAMENTO E ACOMPANHAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL.

Criciúma: ACP/CPRM, 2006, p. 68. Disponível em: <<https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/admin/imagens/noticias/file/proposta%20de%20monitoramento.pdf>>. Acesso em 4 set. 2014.

RAMOS, N. P.; JUNIOR LUCHIARI, A. **Monitoramento ambiental**. Brasília: Embrapa, s.d. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html>. Acesso em 9 ago. 2014.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Fapesp, 2000. 320 p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220 p.

ROSA, R.; BRITO, J.L.S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográficas**. Uberlândia, 1996. 104 p.

SANTOS, R dos. **Reabilitação de ecossistemas degradados pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina, Brasil**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000026/0000263B.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2014.

SIECESC - SINDICATO DA INDÚSTRIA DA EXTRAÇÃO DE CARVÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, GEOLÓGICA – ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. **Projeto conceitual de Recuperação de área degradada do campo Vila Funil – Siderópolis/SC :volume IV – plano de monitoramento ambiental**. Criciúma: Siecesc/Geológica, 2008. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/conteudo/proj_conceitual_vila_funil/Funil_Volume_IV.htm#40>. Acesso em: 3 de nov. 2014.

SILVEIRA, T. A de; CARNEIRO, A. F. T; PORTUGAL, J. L. Estruturação de bases cartográficas para sistemas de informação geográfica (SIG). In: Simpósio brasileiro de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação, 2., 2008, Recife. **Anais eletrônicos...**Recife: Universidade Federal de Pernambuco (UnPe), 2008. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/076.pdf>. Acesso em 20 set. 2014.

ZIMMERMAN, D. G; TREBIEN, D. O. P. Solos construídos em áreas mineradas como fundamento para recuperar o ambiente. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 61-103, 2001.