UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TAYLLA JANSEN SAMPAIO COSTA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

CRICIÚMA

2016

TAYLLA JANSEN SAMPAIO COSTA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS.

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. Jader Lima Pereira.

CRICIÚMA

2016

TAYLLA JANSEN SAMPAIO COSTA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS.

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 Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 29 de novembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof.ª Nadja Zim Alexandre – Mestre – UNESC

Prof.ª Rosimeri Venâncio Redivo – Mestre – UNESC

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, aos meus pais por serem a base da minha vida, e aos amigos que me acompanharam durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter chegado até aqui, pois sem fé nada teria.

A minha família por todo carinho e apoio incondicional que me deram nesta jornada, principalmente aos meus pais que nunca deixaram de acreditar em mim.

Ao meu orientador Jader por todo ensinamento transmitido neste pouco tempo que lhe coube, por suas correções, críticas, paciência, apoio e incentivos.

Aos meus colegas de curso que percorreram comigo esta longa jornada, principalmente a equipe ECO Jr., e as minhas amigas que tive a oportunidade de conhecer neste percurso Aline, Camila e Jéssica, sem vocês as minhas manhãs não seriam as mesmas.

A equipe DNPM a qual abriu as portas para meu estágio obrigatório, em especial aos meus caros amigos que conquistei Oldair Lamarque, Fábio Dantas, e Michele Schwantes, por todo apoio profissional e carinho recebido.

A empresa Rio Deserto que viabilizou a elaboração deste trabalho, em especial a minha supervisora Karline Consoni, e a Professora Rosimeri Redivo pela oportunidade de estágio cedida.

A Professora Nadja por ter aceitado o convite de compor a banca, e pela disponibilidade do tempo na avaliação do trabalho.

Agradeço as minhas amigas queridas que sempre estiveram ao meu lado me amparando e me dando incentivo ao longo desta vida acadêmica, principalmente a Patrícia Lima que me incentivou a iniciar este curso, e a Priscila André que sempre se fez presente nos momentos importantes.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu sincero muito obrigado.

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita. Seja a mudança que você deseja para o mundo.”

Mahatma Gadhi

RESUMO

A região carbonífera sul catarinense sofreu durante muitas décadas com as consequências provocados pela mineração de carvão. Durante muito tempo as carboníferas operavam sem nenhuma responsabilidade sobre o meio ambiente, gerando um grande passivo ambiental. Entre as principais consequências dos anos de exploração mineral, pode-se destacar a alteração dos corpos hídricos da região, que apresentam em sua grande maioria coloração alaranjada e vermelha devido a presença de metais pesados. Diante disso se fez necessário uma Ação Civil Pública movida pelo Ministério Público Federal em desfavor às empresas carboníferas da região, sendo estas obrigadas a apresentar projetos de recuperação da região que compõe a Bacia Carbonífera do Sul do Estado abrangendo todas as áreas as quais houve a presença da mineração dentre as condicionantes exigidas destaca-se cessar a contaminação dos cursos d'água, além de outras obras que visem amenizar os danos sofridos principalmente pela população dos municípios sede da extração e do beneficiamento. Sendo assim, é apresentando anualmente um relatório com os monitoramentos ambientais realizados pela empresa para os órgãos competentes, com objetivo de cumprir o estabelecido nesta ACP. Então se justifica a elaboração deste trabalho como uma opção para aprimorar este monitoramento ambiental realizado pela Empresa nos aquíferos e nos corpos hídricos superficiais, por meio de um Sistema de Informações Geográficas que possibilite este monitoramento de forma sistêmica e integrada. Para isto foram definidas as etapas do projeto, as quais foram: definir a área e os pontos de coleta, criar um banco de dados, inserir o banco de dados na plataforma SIG, e por fim disponibilizá-lo em versão *online* por meio do programa QGIS *Cloud.* Portanto obteve-se um resultado satisfatório, pois o banco de dados no SIG irá gerenciar as informações de forma mais rápida e sucinta apesar da limitação de edição na sua versão *online.*

Palavras-chave: Mineração. Banco de dados. Bacia carbonífera.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais problemas globais afetando serviços dos ecossistemas aquáticos e disponibilidade de água e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. 17
Figura 2. Visão geral de um SIG. 25
Figura 3. Representação de dado vetorial.....26
Figura 4. Representação de figura *Raster.*.....28
Figura 5. Fluxograma das etapas de criação do banco de dados e formatação do Sistema de Informações Geográficas - SIG. 32
Figura 6. Imagem retirada do *RDlab.* 33
Figura 7. Planilha gerada a partir do *RDlab.* 34
Figura 8. Imagem retirada do QGIS. 39
Figura 9. Organização dos laudos.....39
Figura 10. Exemplo de acesso ao QGIS *cloud* no programa QGIS *Desktop.* 40
Figura 11. Gráfico de pontos por tipologia. 42
Figura 12. Poço raso. 43
Figura 13. Piezômetro na área da mina. 43
Figura 14. Ponto CR04A. 44
Figura 15. Ponto CR 04.....44
Figura 16. Ponto CR07.....44
Figura 17. Ponto CR08.....45
Figura 18. Ponto Açude.....45
Figura 19. Visão do SIG. 46
Figura 20. Formulário de identificação. 46
Figura 21. Visualização dos pontos de Piezômetros pátio. 47
Figura 22. Identificação de feição.....48
Figura 23. SIG em versão online.....49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição do Banco de Dados. (continua) 35
Quadro 2. Parâmetros analisados das águas subterrâneas, e Resolução Conama 396/08. 36
Quadro 3. Parâmetros analisados de águas superficiais, e Resolução Conama 357/05. 37
Quadro 4. Distribuição do número de pontos monitorados. 41
Quadro 5. Avaliação dos cenários mediante análise comparativa. 52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMESC	Associação dos Municípios da Região do Extremo Sul Catarinense
AMREC	Associação dos Municípios da Região Carbonífera
AMUREL	Associação dos Municípios da Região de Laguna
APP	Área de Preservação Permanente
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
DAM	Drenagem Ácida de Minas
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FATMA	Fundação de Amparo e Tecnologia ao Meio Ambiente
IAP	*InterAcademy Panel*
LAO	Licença Ambiental de Operação
MPF	Ministério Público Federal
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
QGIS	*Quantum GIS*
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UTM	*Universal Transversal de Mercator*
SDES	Secretária de Desenvolvimento Econômico e Sustentável

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO 13
2.REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO 14
2.1.RECURSOS HÍDRICOS 14
2.1.1.A problemática da questão hídrica 15
2.1.2.A Gestão dos Recursos Hídricos 18
2.1.2.1.Aspectos legais da gestão de recursos hídricos no Brasil 20
2.2.MONITORAMENTO AMBIENTAL 21
2.2.1.Monitoramento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia Carbonífera Sul Catarinense.... 22
2.3.SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG 23
2.3.1.Estrutura do SIG 24
2.3.1.1.Dados Espaciais 26
2.3.1.1.1.Dados em estrutura vetorial 26
2.3.1.1.2.Dados em estrutura matricial 27
2.3.1.2.Dados alfanuméricos 28
2.3.2.Banco de dados 28
2.3.3.Dados geográficos na *Web* 29
3.METODOLOGIA 31
3.1.ETAPA 1 32
3.2.ETAPA 2 34
3.3.ETAPA 3 38
3.4.ETAPA 4 38
3.5ETAPA 5 39
4.APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS 41
4.1.BANCOS DE DADOS 41
4.1.1.Dados utilizados 41
4.2.BANCO DE DADOS NA PLATAFORMA SIG 45
4.2.1.Apresentação do SIG 45
4.2.2.Disponibilização do SIG em uma plataforma *online* 48
4.3.ANÁLISE COMPARATIVA 49
4.4.DISCUSSÃO 53
5.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 54

6.REFERÊNCIAS.....56

APÊNDICE(S) 60

APÊNDICE A – TABELA DE ATRIBUTOS..... 61

APÊNDICE B – LAUDO GERADO A PARTIR DO ATALHO DAS CAMPANHAS ANTERIORES..... 62

1. INTRODUÇÃO

A mineração é vista como a grande vilã das últimas décadas. A maioria dos bens materiais que possuímos pertencem diretamente ou indiretamente ao processo minerário, por isso, ela se faz tão presente em nosso dia-a-dia. Porém, é necessário que ela esteja aliada a técnicas de recuperação e preservação do meio ambiente, para que não seja causadora de grandes desastres ambientais, como os quais estamos presenciando nos últimos anos.

Visando o meio ambiente e com intuito de preservar o patrimônio hídrico, as empresas mineradoras da região carbonífera tem realizado periodicamente o monitoramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de forma a avaliar o impacto das atividades sobre a qualidade destes.

Dentro deste contexto, esse trabalho se justifica, pois, entende-se que o SIG pode ser um importante aliado na gestão de dados de monitoramentos ambientais. Além disso, este sistema permite a análise dos dados de forma integrada, bem como a capacidade de disponibilizar os dados em uma plataforma *online*, facilitando assim a avaliação e o controle dos dados pelas empresas responsáveis. Em suma a estruturação e a implantação de um ambiente SIG permite inserir, restaurar e avaliar espacialmente os dados geográficos.

Portanto o objetivo deste trabalho de conclusão de curso (TCC) é o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica - SIG com vistas ao gerenciamento de dados oriundos do programa de monitoramento ambiental da qualidade dos recursos hídricos desenvolvido pela Empresa. A partir do objetivo geral, definiu-se os objetivos específicos para melhor desenvolvimento do trabalho, os quais são estes: **a)** Compilar os resultados de análises de qualidade de água superficial e subterrânea em um banco de dados; **b)** Integrar as informações referentes a qualidade ambiental da água superficial e subterrânea por meio de uma plataforma SIG; **c)** Disponibilizar esta plataforma SIG em versão *online*.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

A fim de explanar sobre o presente trabalho, elaborou-se uma pesquisa exploratória para melhor compreensão e visualização dos conceitos de Sistema de Informações Geográficas, Monitoramento Ambiental bem como as temáticas relacionadas a recursos hídricos.

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

Anualmente é vertido na Terra um volume de água de cerca de 40.000 km^3, correspondendo à diferença entre as precipitações atmosféricas e a evaporação de água sobre a superfície dos continentes. Embora seja um volume considerável, este não pode ser aproveitado pelo homem, pois quase dois terços retornam rapidamente aos cursos de água e aos oceanos, após as grandes chuvas.

O restante é absorvido pelo solo, percolando suas camadas superficiais e armazenando-se nos aquíferos subterrâneos, os quais, por sua vez, serão as principais fontes de alimentação dos cursos de água durante as estiagens. A parcela disponível para suprir as necessidades humanas é, portanto, de pouco menos de 14.000 km^3 anuais. Esta parcela de água doce acessível aos homens é que podemos denominar de “recursos hídricos”. (JÚNIOR, 2004).

Os recursos hídricos podem ser divididos em superficiais e subterrâneos. Os recursos superficiais compreendem as águas existentes na superfície terrestre, como rios, lagoas e oceanos; e os recursos subterrâneos compreendem as águas que percolam lentamente pelo substrato rochoso, podendo muitas vezes ficar armazenadas constituindo os aquíferos.

As águas subterrâneas não “são” subterrâneas, “estão” subterrâneas. Na sua participação no ciclo hidrológico tornam-se superficiais exsudando dos aquíferos, formando nascentes, fontes, minas e mantendo o fluxo dos rios nas estiagens (GONÇALES; GIAMPÁ, 2006). Segundo Souza (2009) as águas subterrâneas representam a parcela da chuva que se infiltra no subsolo e migra continuamente em direção às nascentes, leitos de rios, lagos e oceanos. Já segundo a Resolução CONAMA nº 396/2008 no Art. 2º águas subterrâneas são águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo.

2.1.1 A problemática da questão hídrica

A disponibilidade de recursos hídricos é um assunto que vêm repercutindo cada vez mais na mídia ultimamente. É um tema que afeta e, principalmente, assola a todos, será então que haverá mananciais suficientes para abastecer a população no futuro?

O novo século traz a crise de falta de água e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. A abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável, mas como mencionado anteriormente, nem toda esta água está disponível para abastecimento humano. Segundo Macedo (2001) 95,1% da água do planeta é salgada, sendo imprópria para o consumo humano. Dos 4,9% que sobram, 4,7% estão na forma de geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e somente os 0,147% restantes estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos.

Segundo Povinelli (2006) o Brasil tem um potencial hídrico superficial que representa 12% da água doce existente no planeta e 58% da América do Sul. Apesar da grande disponibilidade de água no país, o processo de crescimento desordenado das cidades tem acarretado em perdas na quantidade e na qualidade de nossas águas. De acordo com Victorino (2007) para muitos especialistas no assunto, esta crise é resultado de uma má gestão dos recursos hídricos durante séculos, já outros defendem a tese que o planeta está respondendo as ações antrópicas.

Segundo Tundisi (2008, p. 8) esse conjunto de problemas apresenta dimensões em âmbito local, regional, continental e planetário, contribuindo principalmente para:

> •Aumento e exacerbação das fontes de contaminação.
> •A alteração das fontes de recursos hídricos – mananciais – com escassez e diminuição da disponibilidade.
> •Aumento da vulnerabilidade da população humana em razão de contaminação e dificuldade de acesso à água de boa qualidade (potável e tratada).
> • Esse conjunto de problemas está relacionado à qualidade e quantidade da água, e, em respostas a essas causas, há interferências na saúde humana e saúde pública, com deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social.

Não é preciso ir longe para ver os resultados da carência de preocupação com a preservação dos corpos hídricos. Dentro deste contexto de dimensão local, temos o exemplo da região carbonífera, onde a grande parte dos rios são contaminados com a Drenagem Ácida de Minas - DAM gerada a partir da atividade de mineração onde ocorre a oxidação natural de minerais sulfetados quando expostos ao ar ou água. Segundo Milioli *et al*. (2016) a Situação ambiental dessas regiões conforme estudos realizados pela FATMA, é alarmante quando trata-se de toda poluição causada pelas as atividades industriais principalmente a mineração.

Em meados de 1978 e 1979 foram realizados estudos na região sul catarinense que apontaram dados quantitativos e qualitativos de grande importância para o planejamento das ações governamentais e para o estabelecimento de uma política estadual de meio ambiente, reforçando a urgência em enquadrar essa região como "área crítica nacional". Após exaustivo trabalho das partes interessadas e das autoridades estadual, no dia 25 de setembro de 1980, na cidade de Tubarão, foi assinado o Decreto n. 85.206, enquadrando a Região Sul de Santa Catarina como a 14ª Área Crítica Nacional, para efeitos de controle da poluição gerada pelas atividades de extração, beneficiamento e usos do carvão mineral. (MILIOLI *et al.*).

O fato é que até a exaustão dessas reservas de carvão (cerca de 1,5 bilhões de toneladas de carvão) poderão ser gerados, caso o modelo atual de exploração do carvão seja conservado, em torno de 187,5 milhões de m^3 de rejeito (cerca de 50% do minério bruto é constituído pelo rejeito). Cujo rejeito, se disposto em pilhas de 15 m de altura, padrão atual de disposição do rejeito, ocuparão uma área estimada em 1.250 ha. Esses rejeitos contem "pirita carbonosa" que em contato com a água e o oxigênio, liberam gases sulfurosos ao meio ambiente, que nada mais são do que compostos de ferro e ácido sulfúrico, gerando degradação em extensas áreas urbanas e rurais (MILIOLI *et al.*).

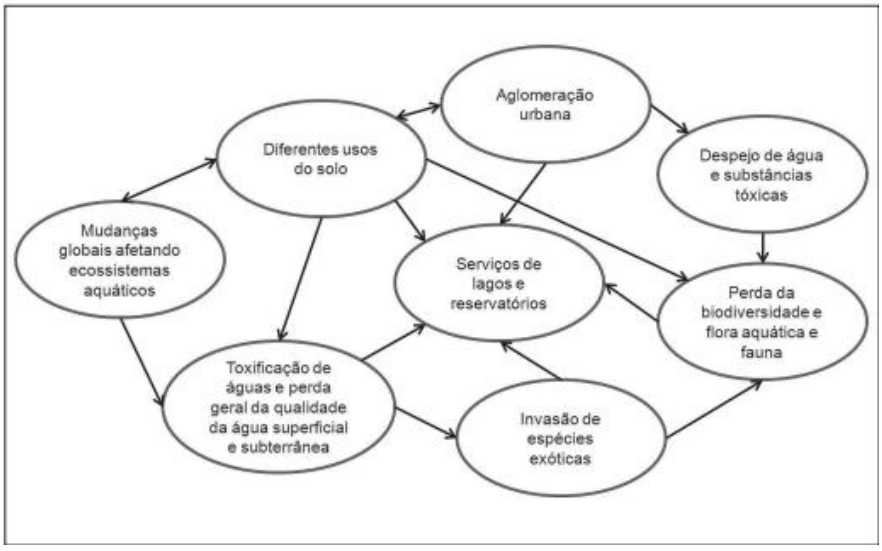
Toda essa atividade de mineração de carvão comprometeu em muito os recursos hídricos da região, que atualmente é estimado em 2/3 da extensão da bacia hidrográfica. As bacias dos rios Tubarão, Urussanga e Araranguá recebem diariamente 3.370 t de sólidos totais, 127 t de acidez, 320 t de sulfato e 35,5 t de ferro total. (MILIOLI *et al.*).

Com relação aos padrões de qualidade da água estabelecidos pela legislação vigente, as concentrações de poluentes ultrapassam em muito, os parâmetros permitidos. Além disso, o constante assoreamento dos rios eleva acentuadamente a turbidez e aumenta os efeitos dos transbordamentos, causando prejuízos incalculáveis ao setor agrícola. Em alguns trechos, o assoreamento é tão grave que já não se consegue mais identificar o leito natural do curso da água. (MILIOLI *et al*).

Mas apesar do exposto acima existem ainda outras inúmeras fontes de poluição regional como é o caso da urbanização, a industrialização, as práticas agrícolas que são as principais atividades humanas que geram resíduos. Conforme Souza (2009), estes efluentes sem tratamento quando lançados no solo, rios e/ou atmosfera, transformam-se em fontes potenciais de poluição e/ou contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Tundisi *et al.* (2008) salienta que, os problemas gerados a partir da "crise da água" em âmbito local, regional, continental e planetário podem contribuir para o aumento e exacerbação das fontes de contaminação. Na Figura 1, pode verificar-se as principais inter-relações dos processos que afetam a qualidade e quantidade de água, a biota aquática e a população humana.

Figura 1. Principais problemas globais afetando serviços dos ecossistemas aquáticos e disponibilidade de água e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.



Fonte: Tundisi, 2008.

Tundisi *et al.* (2008, pg. 7) destacam também na situação atual, os seguintes problemas e processos como as causas principais da “crise da água”:

> • Intensa urbanização, aumentando a demanda pela água, ampliando a descarga de recursos hídricos contaminados e com grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social (Tucci, 2008).
> • Estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade e aumento de demanda.
> • Infra-estrutura pobre e em estado crítico, em muitas áreas urbanas com até 30% de perdas na rede após o tratamento das águas
> • Problemas de estresse e escassez em razão de mudanças globais com eventos hidrológicos extremos aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometendo a segurança alimentar (chuvas intensas e período intensos de seca).
> • Problemas na falta de articulação e falta de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental.
> • Aumento e exacerbação das fontes de contaminação.
> • A alteração das fontes de recursos hídricos – mananciais – com escassez e diminuição da disponibilidade.
> • Aumento da vulnerabilidade da população humana em razão de contaminação e dificuldade de acesso à água de boa qualidade (potável e tratada).
> • Esse conjunto de problemas está relacionado à qualidade e quantidade da água, e, em respostas a essas causas, há interferências na saúde humana e saúde pública, com deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social.

Apesar de todo esse cenário com a crise hídrica é possível identificar que os países estão engajados em planos eficiente de monitoramento como, por exemplo, a *EUROWARTERNET.* Ela é uma rede Europeia para o monitoramento integrado da qualidade e quantidade das águas e as informações obtidas são armazenadas em um do banco de dados, denominado “Waterbase”.

A atualização deste banco é realizada anualmente com dados validados adquiridos nas redes já existentes dos Países membros da Comunidade Europeia (Johannes Grath, apud 2006).

2.1.2 A Gestão dos Recursos Hídricos

Para Tundisi (2008) é de extrema importância avançar na gestão dos recursos hídricos por meio da concretização da descentralização e da governabilidade com a abordagem de bacias hidrográficas. Sendo assim, faz se necessário a interação entre disponibilidade/demanda de recursos hídricos com a

população da bacia hidrográfica e a atividade econômica e social, portanto, considerando-se que atividade humana no ciclo hidrológico é peça fundamental neste processo. Tundisi (2008) ainda afirma que uma das abordagens que precisa ser otimizada na gestão de recursos hídricos é o reuso da água.

Tendo em vista a situação exposta no item anterior é necessário definir quais são as abordagens, os programas e os projetos de avaliação e monitoramento que podem promover uma mudança significativa na gestão das águas. Sob este aspecto, Tundisi (2008) diz que a capacidade de monitoramento por meio de banco de dados e produção de *softwares* adequados à gestão é uma metodologia eficiente. E a capacitação de gestores deve ser avançada nesse sentido. Segundo o autor pode-se destacar como um dos resultados da implantação de um sistema de banco de dados o gerenciamento integrado, preditivo e em nível de bacia hidrográfica.

Para isso é importante ressaltar que no Brasil o principal instrumento para a gestão hídrica é o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/1997, o qual determina um conjunto de diretrizes, metas e programas, e que foi construído sobre amplo processo de mobilização e participação social. (BRASIL, 1997).

A discussão a respeito da gestão dos recursos hídricos, não é uma exclusividade do Brasil. O planeta de forma geral também está tomando consciência da importância de uma gestão eficiente para os recursos hídricos.

Exemplo disso, é a ação proposta pelo *InterAcademy Panel* (IAP) que reúne 96 Academias de Ciências para ampliar e aprofundar a capacidade de formação de gestores de recursos hídricos com uma visão integrada e sistêmica.

Atualmente, seis países já promoveram seminários regionais, cursos e publicações em um esforço conjunto com a rede internacional: África do Sul, Brasil, China, Rússia, Polônia, Jordânia. Além disso, Academias de Ciências das Américas agrupadas em uma associação internacional, *InterAmerican Network of Academies of Sciences* (Ianas), estão promovendo cursos, discussões, seminários e a implementação de um volume para cada país com diagnósticos, prognósticos e estratégias de gestão das águas nos países da Américas (TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2008).

2.1.2.1 Aspectos legais da gestão de recursos hídricos no Brasil

Há algumas décadas atrás no Brasil não se tinha nenhum cuidado a respeito da gestão de recursos hídricos foi somente a partir do Decreto Federal n. 24.643/1934 que instituiu o Código das Águas (BRASIL, 1934), que a questão dos recursos hídricos passou a compor a pauta da política nacional.

Décadas após ser implantado o código de águas, foi sancionada a Lei Federal n. 9.433/1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os objetivos expostos no Art 2º:

> I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
> II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
> III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Desta forma, para assegurar que os objetivos estabelecidos na PNRH sejam cumpridos em nível local, foi criado os Comitês de Bacia Hidrográfica que tem como área de atuação imposto no Art. 38. da PNRH: “Inciso IV - acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;”.

Segundo SDES (2016) O Plano de Bacia é um instrumento de planejamento estratégico que permite numa visão de curto, médio e longo prazo, definir diversos cenários possíveis, uma gestão compartilhada do uso integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Um dos objetivos do plano é definir as metas para se atingir índices progressivos de recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos da bacia, por meio de ações e programas necessários definidos pelo Comitê da Bacia (SDES, 2016).

Na região sul catarinense há três comitês responsáveis: o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, do Rio Urussanga e do Rio Araranguá. Estes comitês devem definir as diretrizes gerais para orientar o desenvolvimento local e regional (SDES, 2016).

2.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL

Entende-se por monitoramento ambiental o conhecimento e acompanhamento sistemático da situação dos recursos ambientais dos meios físico e biótico, visando à recuperação, melhoria ou manutenção da qualidade ambiental.

O monitoramento ambiental pode ser definido como a amostragem sistemática de ar, água, solo biota a fim de observar e estudar o meio ambiente, bem como para derivar o conhecimento deste processo (ARTIOLA *et al.,* 2004).

Para a realização de um programa de monitoramento de forma eficiente faz necessário a adoção de alguns critérios, como, a definição apropriada dos seus objetivos, além de questões como por que monitorar, e onde monitorar, e ainda o mais importante que informações se espera deste monitoramento (European Communities, 2003).

O monitoramento ambiental também é utilizado como medida mitigadora ou de controle nos Estudos de Impacto Ambiental – EIA. De acordo com Resolução CONAMA n. 01/1986, Artigo 6º, “o estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas”:

> Inciso lV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados). Uma vez que no processo de licenciamento de empresas classificadas como atividades de grande porte é exigido o EIA/RIMA.

Neste contexto, destacam-se as ações de monitoramento de recursos hídricos, conforme Uil *et al.* (1999), um monitoramento deve fornecer insumos sobre a dinâmica do aquífero em relação às variações sazonais e efeitos antrópicos, sendo que para a modelagem, deve haver a integração das atividades de monitoramento de águas subterrâneas e superficiais. Em suma um Programa de Monitoramento depende do estabelecimento de um plano de coleta de amostras em campo, essencial à caracterização das águas.

2.2.1 Monitoramento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia Carbonífera Sul Catarinense

Com a problemática enfrentada na região carbonífera em meados de 1960/1970 devido à falta de sensibilização a degradação ambiental decorrente da mineração, fez-se necessário reparar estes danos.

Diante disso foi instaurada a Ação Civil Pública 93.80.00533-4 onde foram estabelecidos os critérios para recuperação ou reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão, a qual também determina a recuperação dos recursos hídricos de três bacias hidrográficas (bacias dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão), incluindo as águas subterrâneas.

Segundo o Ministério Público Federal - MPF (2016) do ponto de vista ambiental o método de lavra utilizado é importante, pois é fator determinante para uma série de impactos potenciais ambientais específicos:

> •Quando a lavra ocorre a céu aberto, a escavação de grandes volumes de solo/material rochoso e a geração de consideráveis volumes de estéril causam significativo impacto visual, com alterações nas feições topográficas, bem como impactos ambientais também na rede de drenagem superficial (...). Os recursos hídricos, principalmente os superficiais, podem ser altamente impactados com a formação de drenagem ácida e de lagoas ácidas nas cavas abandonadas, algumas vezes utilizadas para a deposição de rejeitos carbonosos, com a presença de metais, metais tóxicos e aumento da turbidez, entre outros impactos.
> Já na lavra em subsuperfície· (subterrânea), os impactos ambientais são menos visíveis, mas não menos significativos do ponto de vista ambiental. Os principais impactos estão associados à subsidência (afundamento ou colapso da cobertura da câmara) do terreno, rebaixamento do lençol freático (com extinção de fontes), reflexo na rede hidrológica superficial, entre outros.

Sendo assim, todas as mineradoras pertencentes as bacias supracitadas são responsáveis em monitorar e avaliar a qualidade das águas locais, e ainda é de responsabilidade dos órgãos federais como a Fundação Estadual do Meio ambiente de Santa Catarina - FATMA, e o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM de fiscalizar a periodicidade e a qualidade deste monitoramento.

2.3 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG

O Sistema de Informações Geográficas - SIG é uma forma particular de Sistema de Informação aplicado a dados geográficos, ou seja, é uma ferramenta com capacidade de coletar, armazenar, analisar, recuperar, manipular e disseminar grandes quantidades de dados espaciais. (SILVA, 2007).

O conceito de SIG vem evoluindo muito nos últimos anos. De acordo com Miranda (2005), seu objetivo não mudou, mas, observando as definições a seguir, nota-se que a sua definição foi modificada, à medida que, o uso destes sistemas evoluiu abrangendo diferentes campos de pesquisa. Burrough (1986) como muitos outros naquela década, definia SIG como um sistema (automatizado) de coleta, armazenamento, manipulação e saída de dados cartográficos.

Em complemento, Miranda (2005) relata que tais sistemas já existiam bem antes do aparecimento do computador e, do consequente, desenvolvimento de sistemas computacionais. Os SIG evoluíram a partir de séculos de produções de mapas e da compilação de registros geográficos.

Para fins de desenvolvimento do presente estudo, foi adotado a definição apresentada por Fitz (2008). Segundo o autor, SIG é um sistema formado por um conjunto *softwares*, que proporcionam a integração de dados, equipamento e pessoas, tendo como objetivo a coleta, o armazenamento, a recuperação, a manipulação, a visualização e a análise de dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

De acordo com Silva (2007) um dos principais objetivos do SIG, está conexo ao suporte, à tomada de decisões e também ao gerenciamento de informações relacionadas ao uso do solo, **recursos hídricos,** ecossistemas aquáticos e terrestres, ou qualquer entidade distribuída espacialmente.

Dentro deste contexto, Câmara e Medeiros (1996) destacam entre as formas básicas de aplicação de um SIG: **i)** a produção de mapas; ii) o suporte para análise espacial de fenômenos; e, **iii)** o gerenciamento de banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Segundo Miranda (2005) o SIG nada mais é que um sistema de processamento (análise) e visualização de mapas. No processamento de mapas,

cada arquivo representa um mapa (também chamado um plano de informação, tema ou cobertura). Os mapas são usualmente armazenados em um formato padrão e manipulados por uma função que pode adicionar, subtrair ou pesquisar por padrões.

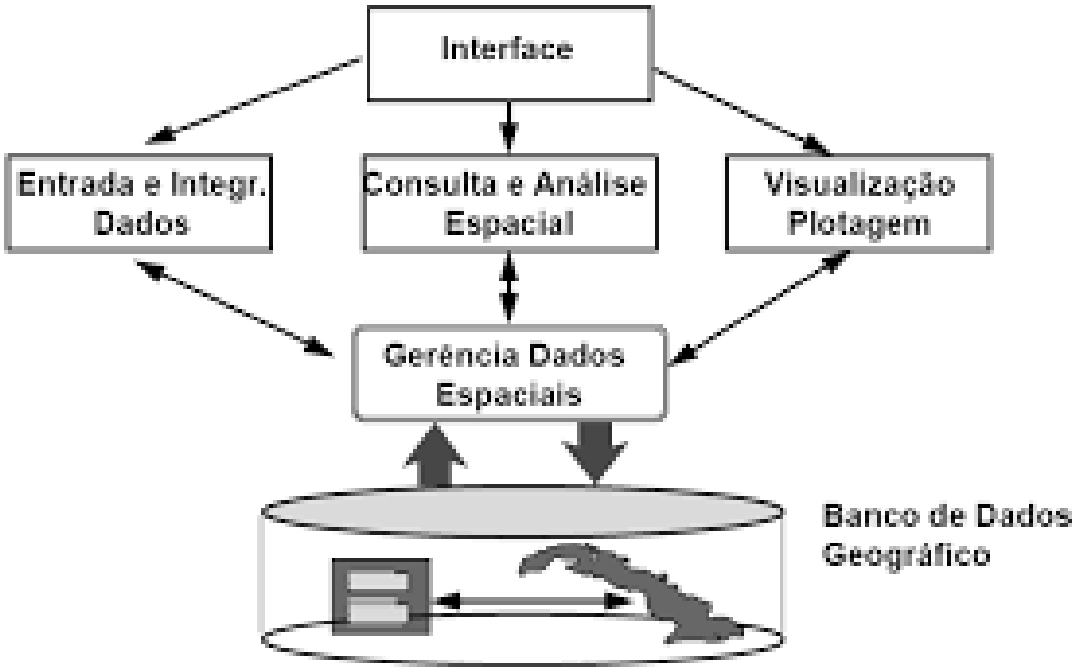
2.3.1 Estrutura do SIG

O SIG, deve desde a sua concepção, ser entendido como uma ferramenta de apoio a tomada decisão por parte do usuário do sistema. Desta forma, Fitz (2008) afirma que a estrutura do sistema deve ser bem planejada para que a interação entre homem x máquina ocorra de forma eficiente, atendendo as necessidades dos usuários.

Assim, em uma visão abrangente, pode-se indicar que um SIG é composto pelos seguintes componentes: i) interface com usuário; ii) entrada e integração de dados; iii) funções de consulta e análise espacial; iv) visualização e plotagem; v) armazenamento e recuperação de dados (organizados em forma de um banco de dados geográficos). Estes componentes se relacionam de forma hierárquica (Figura 2).

Sendo assim o nível mais simples se dá por meio da interface homem-máquina onde o sistema é operado e controlado. Já no nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). E no nível mais interno, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos proporciona armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

Figura 2. Visão geral de um SIG.



Fonte: Câmara e Medeiros, 1998.

De acordo com Fitz (2008), a manipulação desses dados dá-se por meio de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados - SGBD, o qual diz que deve ter uma estrutura onde os dados possam relacionar-se entre si. Então são utilizados códigos identificadores que vinculam os registros dentro do sistema. No caso do SGBD de um SIG, é necessário que os dados alfanuméricos possam ser vinculados a dados espaciais, ou seja, a arquivos digitais gráficos.

De forma geral, dentro deste conceito de SGBD do SIG, existem dois tipos de dados, os dados espaciais e os dados alfanuméricos, sendo necessário que ambos estejam relacionados entre si.

Contudo, não deve se esquecer de que o elemento primordial do SIG é o profissional, a pessoa responsável pelo seu projeto, implementação e uso. Sem pessoas adequadamente treinadas e com visão do contexto global, dificilmente um projeto de SIG terá sucesso (SILVA, 2007, p.58).

2.3.1.1 Dados Espaciais

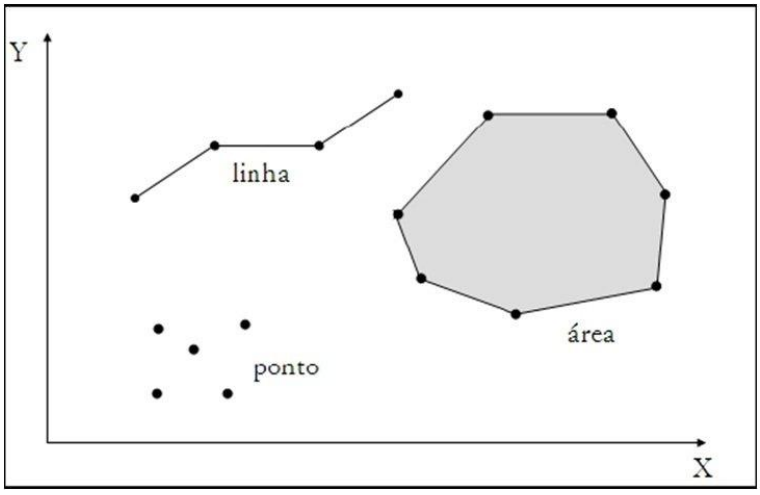
Conforme Fitz (2008) os dados espaciais são classificados como dados de forma gráfica, sendo aqueles que podem ser representados espacialmente. Exemplos destes são imagens, mapas temáticos ou planos de informações (PI). A estrutura de tais tipos de dados pode ser vetorial ou matricial.

Já Silva (2007, p.33) explica que a manipulação de dados espaciais pode tornar-se complexa, uma vez que atributos e a localização espacial sofrem mudanças individuais ao longo do tempo. Consequentemente, a manipulação efetiva de dados espaciais requer que dados de localização e descritivos sejam variáveis independentes umas das outras. Isso quer dizer que características podem ter mudado seus atributos e não sua localização espacial e vice-versa.

2.3.1.1.1 Dados em estrutura vetorial

A estrutura vetorial (Figura 3) é composta por três elementos simples: pontos, linhas e polígonos, e necessita de um sistema de coordenadas para a sua representação. Os pontos são formados por apenas um par de coordenadas, ao passo que linhas e polígonos são representados por um conjunto de pares de coordenadas (FITZ, 2008).

Figura 3. Representação de dado vetorial.



Fonte: Google images, 2016.

Ainda de acordo com Fitz (2008), a cada escala utiliza-se diferentes caracterizações. Vejamos o seguinte exemplo: Uma cidade, numa escala pequena (1:1.000.000) pode ser representada somente por um ponto. Já em uma escala média (1:250.000), pode ser representada por um polígono indicando sua configuração espacial. Por fim, em uma escala muito grande (1:10.000), pode ser representada por um conjunto de pontos (paradas ou pontos de ônibus, telefones públicos, hidrantes etc.), linhas (caminhos, ruas, avenidas, linhas de transmissão de energia etc.) e polígonos (quadras, praças, parques etc.).

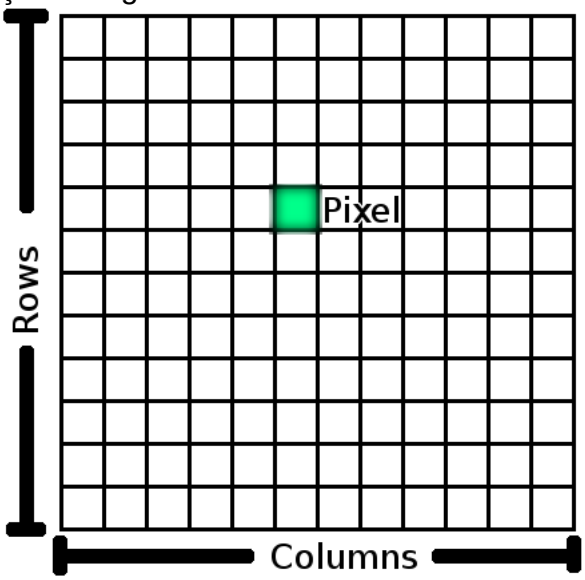
2.3.1.1.2 Dados em estrutura matricial

Câmara e Medeiros (1996) afirmam que 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 que elemento ou objeto pertence cada uma das células.

De acordo com Câmara (1996) a representação matricial conjectura que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está ligada a uma porção de espaço. Sendo assim, a resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno.

Os dados matriciais ou *raster* (Figura 4) são formados por linhas (horizontais) e colunas (verticais) de *pixels* (também conhecidas como células), onde cada pixel representa uma região geográfica, e o valor do pixel representa uma característica dessa região (Informação retirada QGIS 2.0).

Figura 4. Representação de figura *Raster.*



Fonte: QGIS, 2016.

2.3.1.2 Dados alfanuméricos

São os atributos que fornecem informações descritivas acerca de características de algum dado espacial, bem como, podem ser dados onde à preocupação é apenas georeferenciar alguma característica específica, sem descrever as suas feições espaciais (UFV, 2016).

Os dados alfanuméricos são sempre armazenados em tabelas do Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional - SGBDR, onde sua completude e seu aspecto são providenciados pelo Sistema de Informações Geográficas. (BARCELOS, 2009).

2.3.2 Banco de dados

Os bancos de dados e os sistemas de bancos de dados se tornaram componentes essenciais no cotidiano da sociedade moderna. No decorrer do dia, a maioria de nós se depara com atividades que envolvem alguma interação com os bancos de dados (ELMASRI; NAVATHE, 2005).

Essas interações são exemplos do que podemos denominar aplicações tradicionais de um banco de dados, no qual a maioria das informações armazenadas e acessadas apresenta-se em formatos textual ou numérico. Nos últimos anos, os avanços tecnológicos geraram aplicações inovadoras e interessantes aos sistemas de banco de dados (ELMASRI; NAVATHE, 2005).

Conforme Elmasri; Navathe (2005), um banco de dados é uma coleção de dados relacionados. Os dados são fatos que podem ser gravados e que possuem um significado implícito. Por exemplo, considere nomes, números telefônicos e endereços de pessoas que você conhece. Esses dados podem ter sido escritos em uma agenda de telefones ou armazenados em um computador, por meio de programas como o *Microsoft Access*® ou *Microsoft Excel®.*

No SIG, os bancos de dados são formados por um conjunto de dados espaciais, que descrevem a forma e a posição das características da superfície do terreno, que descrevem os atributos ou qualidades destas características. Em alguns sistemas, o banco de dados espaciais e o de atributos são rigidamente distintos. Em outros, são integrados em uma entidade simples, conhecida como *coverage* (ROCHA, 2002).

Conforme Rocha (2002) as bases de dados gráficas *coverage* contêm dados espaciais e atributos. Os atributos são armazenados em tabelas, contendo informações sobre as entidades nos temas. Cada linha destas tabelas está ligada a uma entidade da base gráfica que pode estar ligada a um elemento no desenho através de um vínculo entidade – elemento. Esta estrutura é utilizada em diversos programas de SIG.

2.3.3 Dados geográficos na *Web*

A *World Wide Web* (W3C, 2005), abreviadamente *Web*, se tornou uma das mídias mais importantes e preferidas para disseminação de informações. Ela evoluiu de simples páginas com conteúdo estático para páginas com conteúdo dinâmicos, extraídos, principalmente, de Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs). (FERREIRA; QUEIROZ, 2006)

Para atender à necessidade de construção de páginas com conteúdo dinâmico, diversas tecnologias emergiram no final da década passada e, entre elas, pode-se citar: *Common Gateway Interface* (CGI) (CGI), *Active Server Pages* (ASP) (Homer, 1999), *Java Server Pages* (JSP) (SUN) e *Hypertext Preprocessor* (PHP) (PHP). (FERREIRA e QUEIROZ, 2006)

Nesta década, a demanda pela disseminação de dados geográficos, tem motivado os principais fornecedores de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) a investirem em ferramentas para construção de aplicações que forneçam acesso a esses tipos de dados via Web. (FERREIRA; QUEIROZ, 2006)

Com o desenvolvimento do *Google Earth* por volta de 2005, um importante passo foi dado na aceitação do público em geral, em relação ao manuseio de informações geográficas, o que gerou um ganho até mesmo na padronização dos dados geoespaciais para a Web. (CASTRO, 2011)

De acordo com Tait (2005), desde 1990 cresce o interesse em Web sites que provêm acesso a informações geográficas. Interesse esse que reflete de certa maneira no mundo dos negócios, em que empresas privadas e até mesmo públicas percebem que dados geoespaciais aliados a sistemas SIG são capazes de agregar valor aos processos de negócios. (CASTRO, 2011)

De acordo com Castro (2011) ainda, que nos últimos seis anos a comunidade SIG, juntamente com as empresas desenvolvedoras dos softwares, incrementou a tecnologia usada para habilita- lós em ambientes distribuídos.

Uma alternativa à transmissão de imagens é a transmissão de objetos geográficos com representação vetorial. Os objetos vetoriais transmitidos são mantidos na memória da máquina cliente, para que possam ser reaproveitados no caso de operações de zoom ou pan, ganhando tempo para aumentar a interatividade. (FERREIRA; QUEIROZ, 2006)

3. METODOLOGIA

Segundo Pereira (2012) no meio científico as pesquisas em geral são divididas entre básica e aplicada. Cuja básica é procura por algo novo, revolucionário, e a aplicada consiste em aplicar conhecimento já estudado anteriormente para solução prática. O presente trabalho, portanto, é classificado como pesquisa aplicada pelo autor, pois este tem como objetivo gerar insumos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, ou seja, envolve verdades e interesses locais.

Quanto à abordagem do trabalho classifica-se como quantitativo, já que o objetivo é criar um SIG para realizar a gestão do banco de dados de monitoramento ambiental, e não avaliar os dados coletados. Segundo Fonseca apud UFRGS (2009, p. 33):

> Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Os objetivos dessa pesquisa podem ser denominados como pesquisas de campo que de acordo com Fonseca (2002) se caracterizam pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.).

O presente trabalho abrange uma aplicação consistente de uma ferramenta de geoprocessamento o SIG como instrumento de monitoramento ambiental, que conforme Medeiros *et al.* (2009) deve conter três componentes:

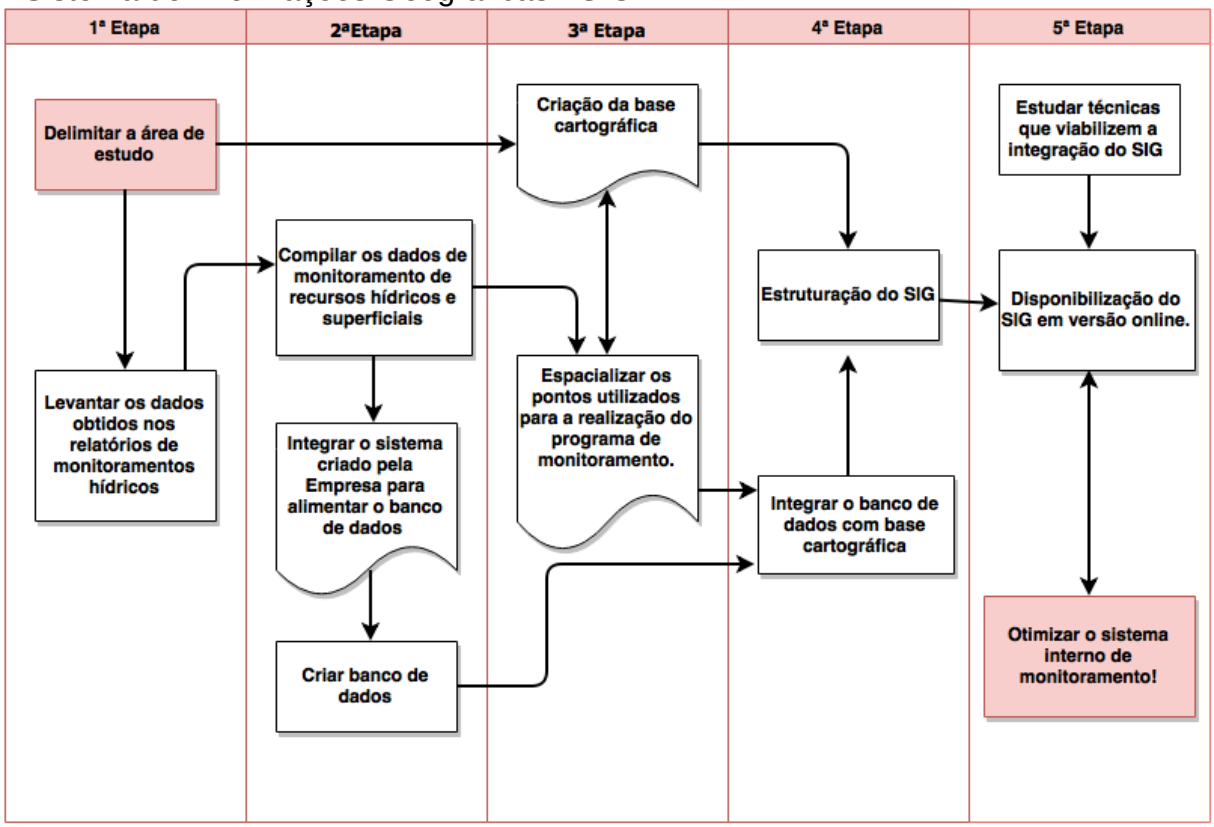
- Uma metodologia de integração de dados que estabeleça a contribuição de cada variável geográfica para o resultado desejado;

• Um roteiro de trabalho, consistindo numa sequência de etapas a serem cumpridas, incluindo o levantamento, a análise e a síntese;

• Um conjunto de operações executáveis em um SIG.

Partindo dessa premissa foi elaborado um plano de trabalho (Figura 5), onde foram levantadas as etapas que devem ser realizadas para alcançar o objetivo geral do trabalho supracitado.

Figura 5. Fluxograma das etapas de criação do banco de dados e formatação do Sistema de Informações Geográficas - SIG.



Fonte: Da autora, 2016.

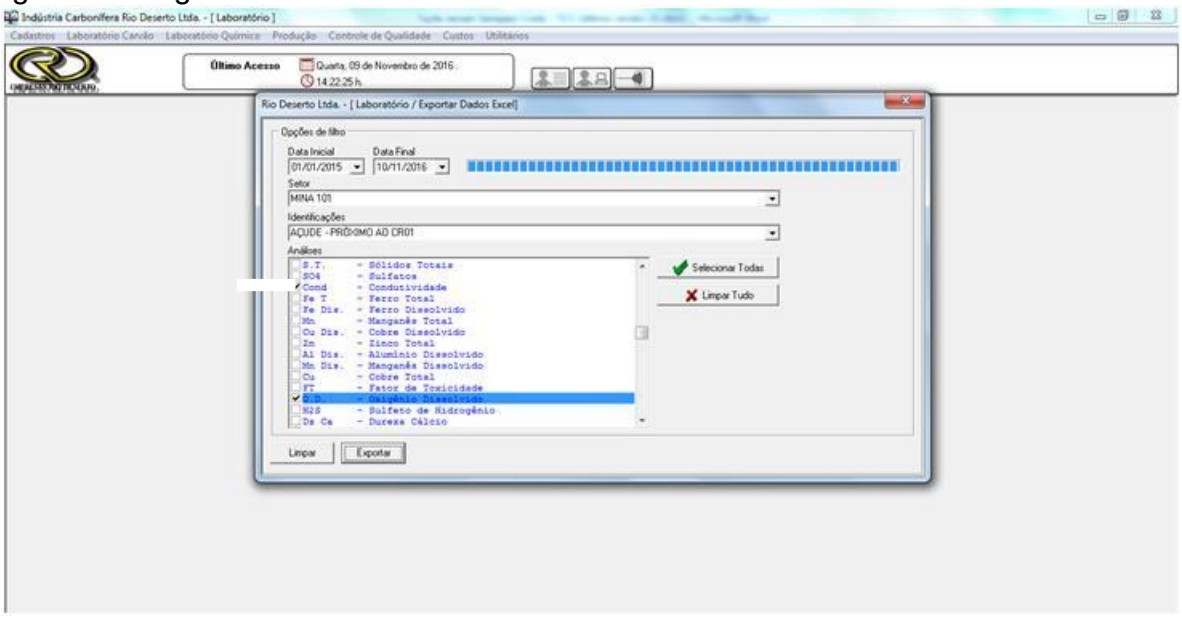
3.1 ETAPA 1

Delimitou-se a área de estudo do trabalho diante o levantamento das áreas monitoradas pela Empresa. Optou-se por uma área onde há maior quantidade de pontos monitorados podendo ser superficiais ou subterrâneos.

Posteriormente, levantaram-se os dados obtidos nos últimos relatórios de monitoramento hídrico dos anos de 2015 e 2016 protocolados nos órgãos

fiscalizadores e comparou-se aos dados geridos pelo programa de uso interno da Empresa, o *RDlab.* O *RDlab* conforme Figura 6, é um programa interno da Empresa, utilizado para gerenciar as informações do laboratório referente as análises de água e carvão.

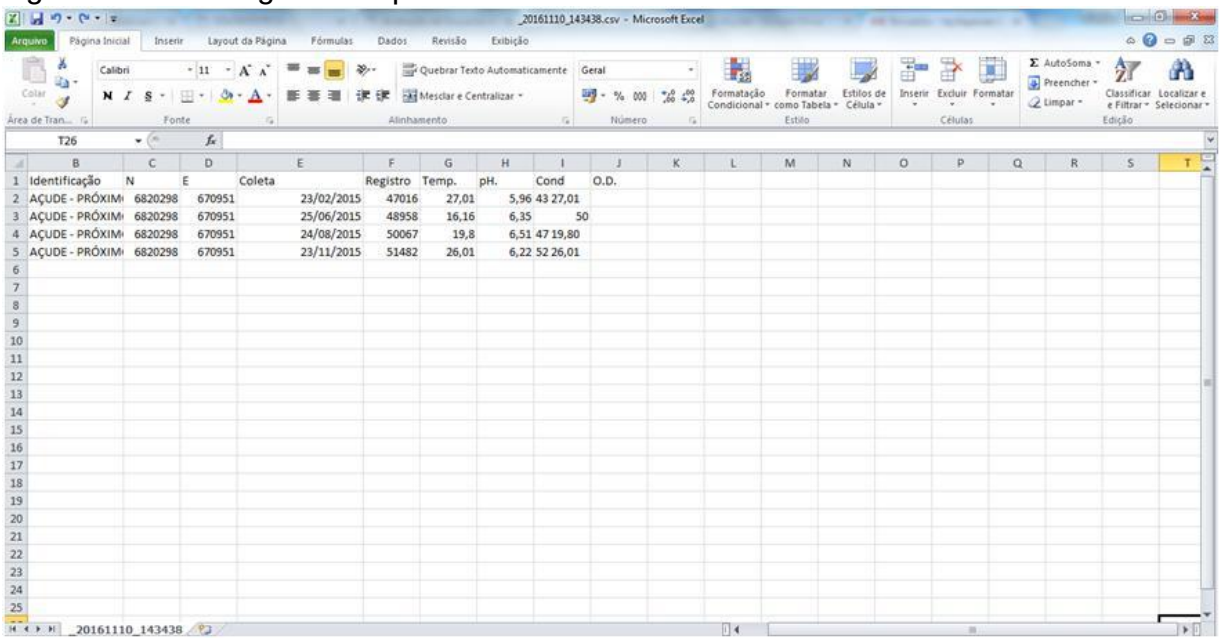
Figura 6. Imagem retirada do *RDlab.*



Fonte: Da autora, 2016.

Neste programa classificou-se o Setor, ou seja, a área que pretende verificar, então escolheu-se o ponto na identificação, e selecionou-se os parâmetros analisados de acordo com o Laudo, depois clicou no botão exportar (destacado), onde abriu uma planilha em formato *.csv* (Figura 7) com as informações desejadas. Este procedimento repetiu-se para todos os pontos levantados nos relatórios, onde serviram de insumos para etapa posterior que compreende na criação do banco de dados.

Figura 7. Planilha gerada a partir do *RDlab.*



	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Identificação	N	E	Coleta	Registro	Temp.	pH.	Cond	O.D.
2	AÇUDE - PRÓXIM	6820298	670951	23/02/2015	47016	27,01	5,96	43 27,01	
3	AÇUDE - PRÓXIM	6820298	670951	25/06/2015	48958	16,16	6,35	50	
4	AÇUDE - PRÓXIM	6820298	670951	24/08/2015	50067	19,8	6,51	47 19,80	
5	AÇUDE - PRÓXIM	6820298	670951	23/11/2015	51482	26,01	6,22	52 26,01	

Fonte: Da autora, 2016.

3.2 ETAPA 2

Depois da etapa inicial elaborou-se o banco de dados. Esta etapa compreendeu em integrar todas as últimas campanhas realizadas durante o último ano de monitoramento da área de estudo.

Conforme descrito na etapa anterior utilizou-se as planilhas provenientes do *RDlab,* e integrou essas planilhas em uma única planilha eletrônica no *Microsoft Excel®,* onde contém todos os parâmetros analisados nas amostras de água, respeitando a legislação vigente.

Os parâmetros são analisados de acordo com a tipologia de cada ponto, abaixo segue uma lista (Quadro 1) de cada parâmetro, sua descrição e a tipologia correspondente.

Quadro 1. Descrição do Banco de Dados. (continua)

Campos	Significado	Atributos	Tipologia correspondente aos parâmetros analisados
Setor	Nome da Mina	Texto	-
Identificação	Nome do Ponto Monitorado	Texto	-
Tipologia	Tipos de determinados pontos	Texto	-
Y	Coordenadas latitudinais	Número	-
X	Coordenada longitudinais	Número	-
Coleta	Data que foi realizada a coleta	Número	-
Registro	Número de identificação da amostra no sistema	Número	-
pH	Potencial hidrogeniônico	Número	-
SO4	Sulfato	Número	Todas tipologias
Fe T	Ferro total	Número	Efluente, PZP, Poços Rasos
Mn	Manganês	Número	Efluente, PZP, e Poços Rasos
Dz T	Dureza Total	Número	Efluente, PZP, e Poços Rasos
Col T	Coliforme Totais	Número	Efluente, PZP e Poços Rasos
Col F	Coliformes Fecais	Número	Poços Rasos
Tb	Turbidez	Número	Poços Rasos
Cor	Cor da amostra	Número	Poços Rasos
Zn	Zinco	Número	PZP e Poços Rasos
Al Dis	Alumínio Dissolvido	Número	Efluente e PZP
Mn Dis	Manganês Dissolvido	Número	Efluente e PZP
Cu Dis	Cobre Dissolvido	Número	Efluente
Acidez	Acidez	Número	Efluente e PZP
R Sed	Resíduos Sedimentáveis	Número	Efluente e PZP
S Totais	Sólidos Totais	Número	Efluente
Cond	Condutividade	Número	Efluente e PZP
Fe Dis	Fe Dissolvido	Número	Açude, Canal Receptor, Efluente e PZP
Cu T	Cobre Total	Número	Efluente, PZP
Dz Ca	Dureza Cálcio	Número	Efluente

Quadro 1. Descrição do Banco de Dados. (conclusão)

Campos	Significado	Atributos	Tipologia correspondente aos parâmetros analisados
Dz Mg	Dureza Manganês	Número	Efluente, PZP
O/G	Óleos e graxas	Número	Efluente, PZP
Cl	Cloreto	Número	Efluente
Na	Sódio	Número	Efluente, PZP
Temp	Temperatura	Número	Efluente
Campanhas anteriores	Laudo da coleta anterior	Texto	Açude, Canal Receptor e efluente

Fonte: Da autora, 2016.

Os valores de referência máxima para cada parâmetro estão de acordo com as Resoluções do CONAMA para cada tipo de recurso hídrico.

No Quadro 2, está disposto os parâmetros para água subterrânea, cujas tipologias correspondentes são os piezômetros de pátios e poços rasos, e no Quadro 3, está disposto os parâmetros que são analisados nas águas superficiais na área de estudo em comparação aos valores da legislação ambiental vigente. Esclarecendo que os parâmetros foram determinados pela empresa obedecendo os critérios exigidos pelos órgãos fiscalizadores.

Quadro 2. Parâmetros analisados das águas subterrâneas, e Resolução Conama 396/08.

Parâmetros	**Sulfato (mg/L)**	**Ferro Total (mg/L)**	**Manganês (mg/L)**	**Zinco (mg/L)**
Limite para consumo humano	250,00	0,30	0,10	5,00
Limite para irrigação	-	5,00	0,20	2,00

Fonte: CONAMA, 2005, adaptado pela autora.

Quadro 3. Parâmetros analisados de águas superficiais, e Resolução Conama 357/05.

Parâmetros	Res. Conama nº 357/05
pH	6 – 9
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	500
Sulfatos (mg/L)	250
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,3
Manganês Total (mg/L)	0,1
Cobre Dissolvido (mg/L)	0,009
Zinco Total (mg/L)	0,18
Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,1
	Teores máx. permitidos nas águas de classe II

Fonte: CONAMA, 2005, adaptado pela autora.

Ressalva-se que a elaboração destes quadros apresentados anteriormente, é somente para nível de conhecimento, pois o intuito deste trabalho é somente a criação do banco de dados como ferramenta de monitoramento ambiental, ou seja, não houve comparação dos resultados com a legislações ambientais vigentes.

A Licença Ambiental de Operação-LAO emitida pela FATMA determina que os Recursos hídricos: deverão ser monitorados os níveis d' água em todas as nascentes, açudes, poços/cacimbas, piezômetros e lagoas. As tipologias apresentadas neste trabalho estão classificadas a seguir:

- Açude;
- CR: Canal Receptor;
- Eflut: Efluentes gerados na Mina;
- Poços rasos: Pontos de monitoramento hídricos subterrâneos;
- PZP: Piezômetro pátio.

3.3 ETAPA 3

A terceira etapa compreendeu da criação da base cartográfica diante da espacialização dos pontos utilizados monitorados no programa *QuantumGIS* 2.16.1

Primeiramente introduziu-se a imagem do Google Satélite o qual servirá de base para o mapa.

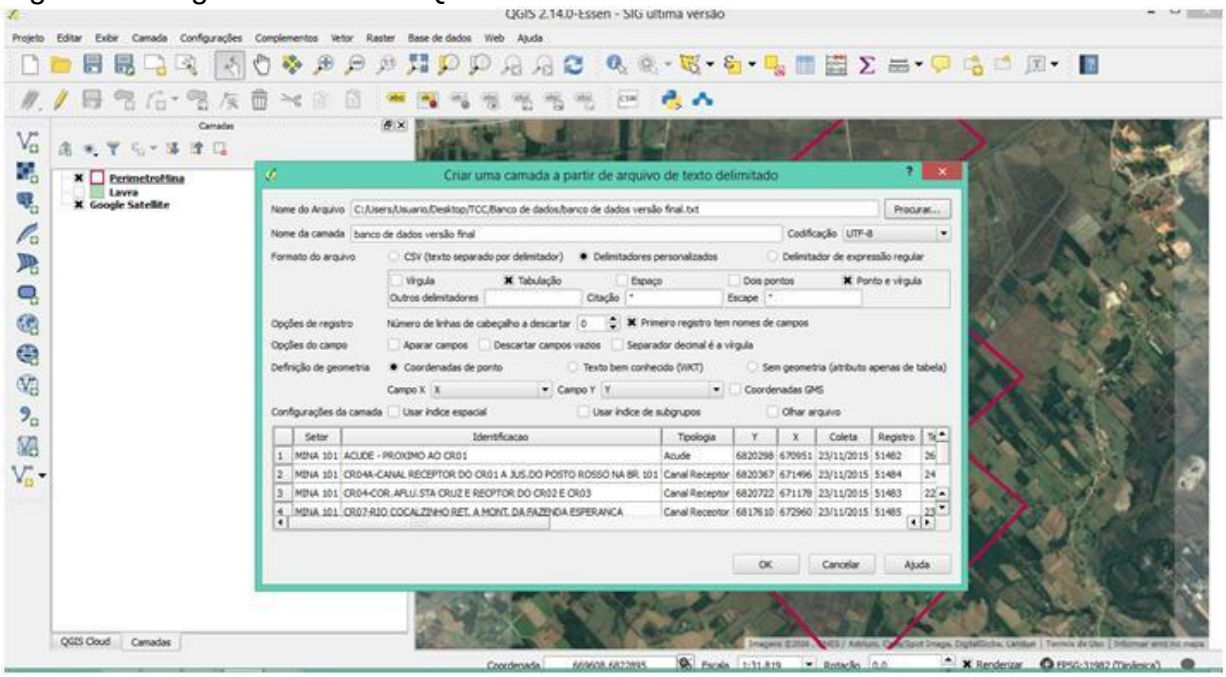
Após utilizou-se os mapas da área minerada disponibilizada pela empresa em formato CAD, e converteu para SHP, e após a conversão dos dados, estes deverão ser incorporados ao ambiente SIG utilizando-se o *software QuantumGIS* versão 2.16.1.

3.4 ETAPA 4

Esta etapa consistiu em estruturar o SIG por meio da conexão das etapas anteriores, ou seja, integrar o banco de dados a base cartográfica. Desta forma, adicionou-se as camadas (*layers*) Lavra, área concedida pelo DNPM para a empresa lavrar, e Perímetro Mina, representando o perímetro delimitado da área lavrada atualmente.

Então adicionou o banco de dados no QGIS, para isso a planilha no *excel* foi salvo no formato *txt* (texto separado por tabulação), e depois no QGIS utilizou a opção de criar camada de arquivo de texto delimitado (Figura 8).

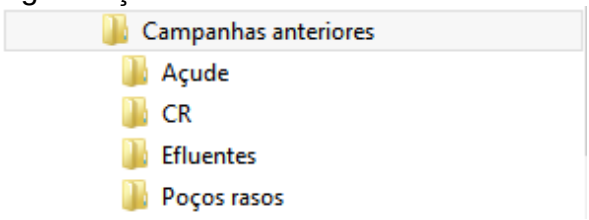
Figura 8. Imagem retirada do QGIS.



Fonte: Da autora, 2016.

Depois de inserido o banco de dados no SIG, adicionou-se a tabela de atributos no campo de campanhas anteriores, os laudos referentes a última campanha da análise da amostra de água anterior à data que consta no banco de dados. Para isto foram criados pastas separadas (Figura 9) com cada tipologia. Nesta pastas consta os laudos divididos por tipologia

Figura 9. Organização dos laudos.



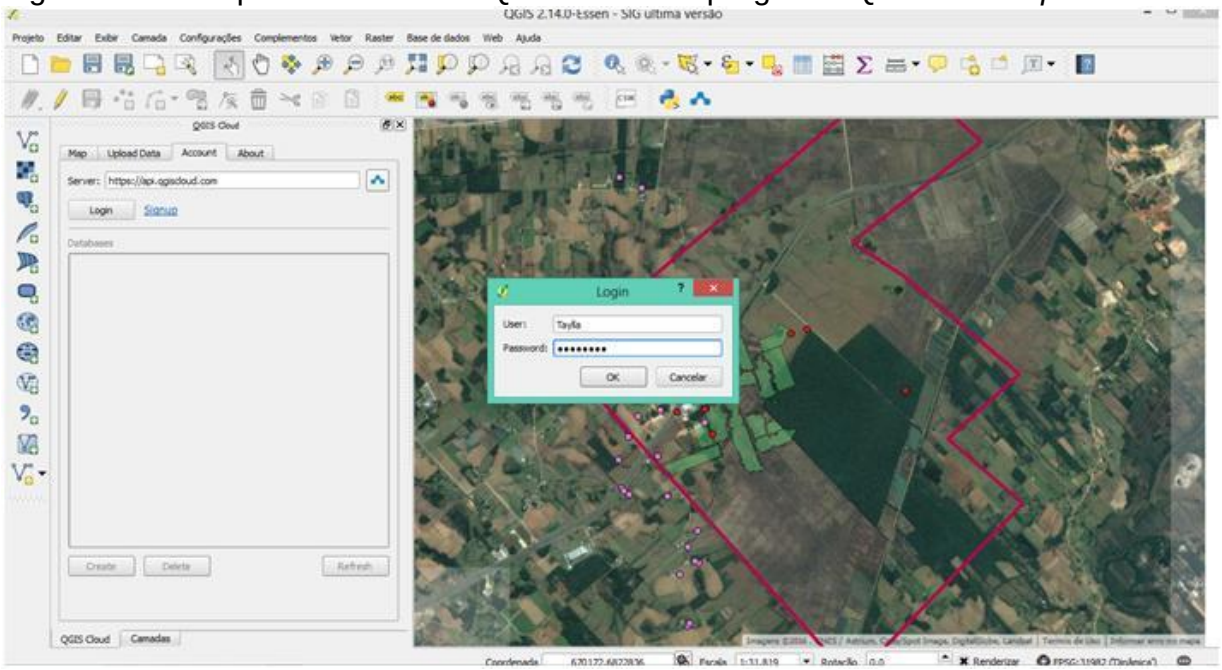
Fonte: Da autora, 2016.

3.5 ETAPA 5

A Etapa 5 compreendeu na disponibilização do SIG em versão online para controle e supervisão da Empresa, o qual permitirá uma facilitação no acesso ao programa bem como terá uma privatização desse sistema.

Para tanto, optou-se por utilizar o programa *QGIS Cloud*. O *QGIS Cloud* é um *plugin* QGIS *Desktop*, utilizado para publicação de mapas em plataforma *online*, conforme apresentada na Figura 10.

Figura 10. Exemplo de acesso ao QGIS *cloud* no programa QGIS *Desktop.*



Fonte: Da autora, 2016.

Após a disponibilização online das informações por meio do QGIS *Cloud*, foi avaliada a eficiência do sistema, com o intuito de subsidiar a tomada de decisão da empresa quanto a implantação do sistema. Para isto realizou-se um estudo dos cenários mediante quadro com os indicadores levantados nas etapas de gerenciamento dos dados, os quais são estes:

- Entrada dos dados
- Processamento de dados
- Acesso aos dados
- Relação Custo-benefício
- Disseminação eficaz dos resultados

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de monitoramento da qualidade de água superficial e subterrânea, utilizados como exemplo para subsidiar a elaboração do banco de dados, foram coletados durante o período compreendido entre os meses de agosto a outubro de 2016. Após a formatação do banco de dados, este foi integrado a base cartográfica em ambiente SIG, para posterior disponibilização por meio de uma plataforma *online* gratuita.

4.1 BANCOS DE DADOS

4.1.1 Dados utilizados

O banco de dados proposto foi elaborado com base nas informações obtidas dos Relatórios de acompanhamento das licenças ambientais. Neste banco de dados consta os pontos que foram analisados nos anos 2015 e 2016 e protocolizados nos relatórios supracitados da área de estudo com seus devidos parâmetros, estes parâmetros são determinados e analisados periodicamente dependendo da tipologia do ponto, a quantificação destes pontos está disposto no Quadro 4 e Figura 11.

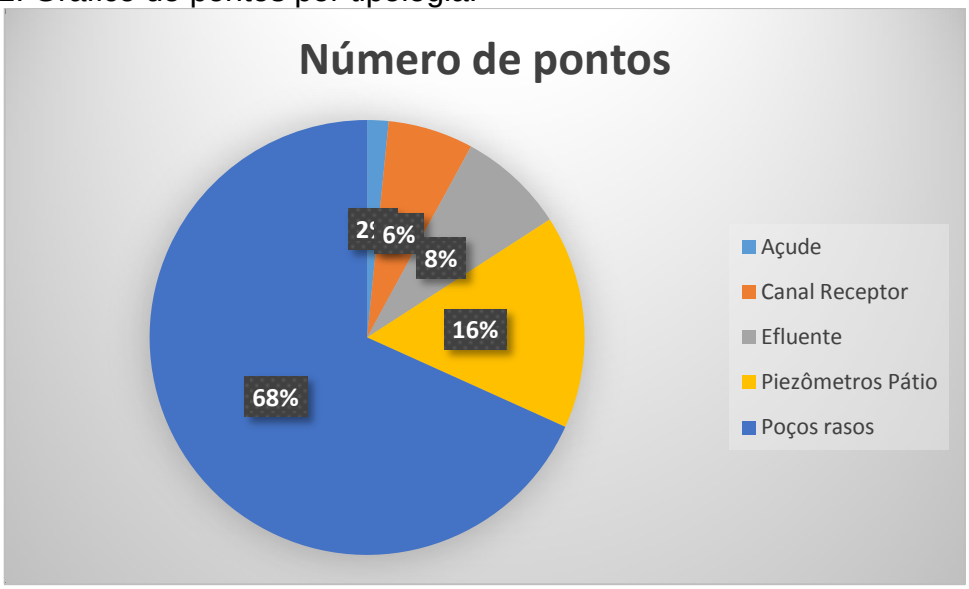
Quadro 4. Distribuição do número de pontos monitorados.

Tipologia	Número de pontos	Frequência	Nº de parâmetros analisados
Açude	1	Anual	4
Canal Receptor	4	Anual	4
Efluente	5	Mensal	21
Piezômetros Pátio	10	Trimestral	20
Poços rasos	43	Anual	9
Total	**63**		**26***

Fonte: Da autora, 2016.

*Total de parâmetros diferentes.

Figura 11. Gráfico de pontos por tipologia.



Fonte: Da autora, 2016.

Analisando o gráfico pode verificar que a quantidade de pontos dos poços rasos (Figura 12) é muito superior as outras tipologias, isto acontece por esses pontos serem poços construídos pelos moradores da circunvizinhança da mina, além de serem localizados nas zonas mais frágeis devido a pertencer ao nível de lençol freático, o que está mais sujeito a alteração da qualidade pela atividade de mineração do que os de recursos superficiais.

Já os pontos de piezômetro (Figura 13) são os pontos de recursos monitorados dentro do pátio da Empresa. Já os pontos CR (Figura 14 a Figura 17) tratam-se dos pontos de recursos hídricos superficiais monitorados a montante e jusante do empreendimento para verificar se o efluente gerado está adequado com as legislações, e o açude está representado na Figura 18.

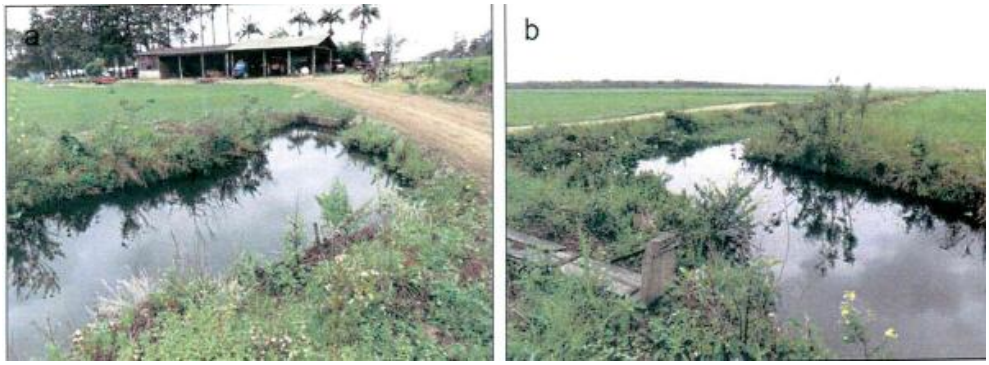
Figura 12. Poço raso.

Fonte: Da autora, 2016.

Figura 13. Piezômetro na área da mina.

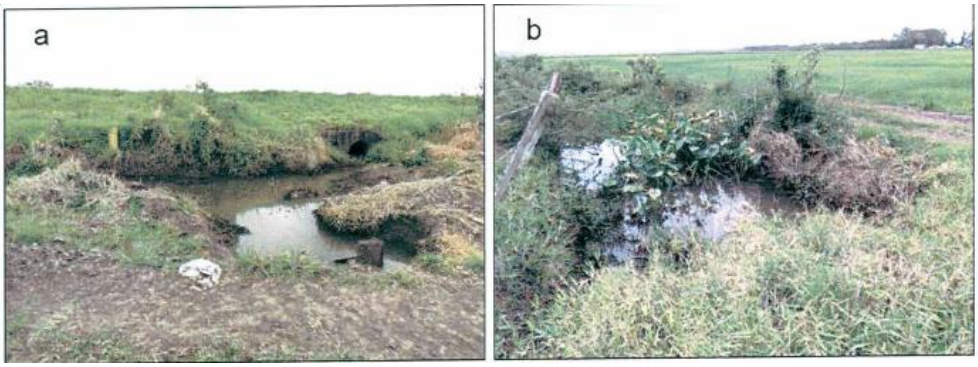
Fonte: Da Empresa, 2016.

Figura 14. Ponto CR04A.



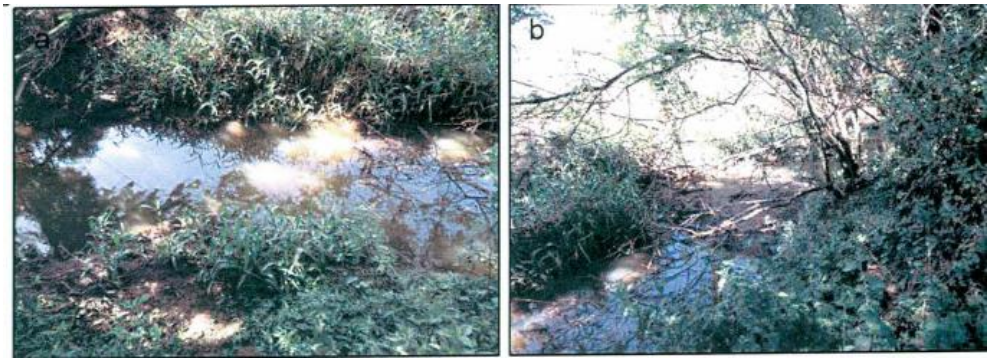
Fonte: CTCL, 2015.

Figura 15. Ponto CR 04.



Fonte: CTCL, 2015.

Figura 16. Ponto CR07.

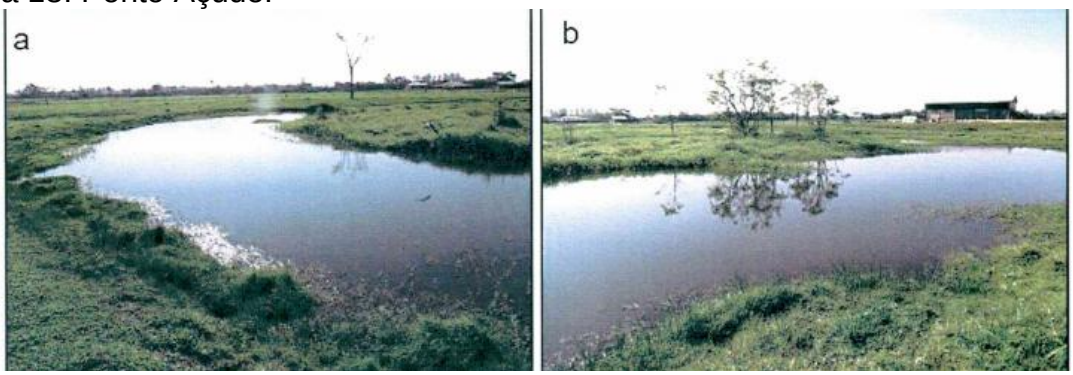


Fonte: CTCL, 2015.

Figura 17. Ponto CR08.

Fonte: CTCL, 2015.

Figura 18. Ponto Açude.



Fonte: CTCL, 2015.

4.2 BANCO DE DADOS NA PLATAFORMA SIG

4.2.1 Apresentação do SIG

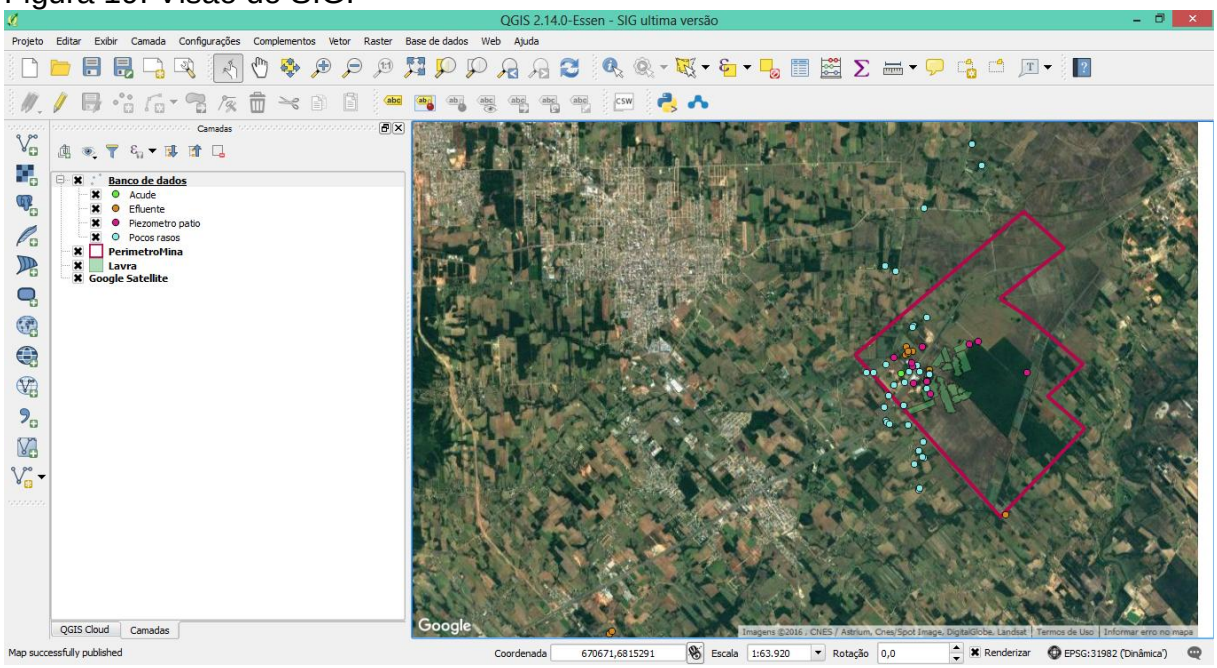
O resultado final do presente trabalho, foi a estruturação de um SIG (Figura 19) com a função de otimizar a gestão dos dados de monitoramento hídricos.

Podemos verificar na figura a seguir que o banco de dados foi categorizado de acordo com as tipologias, de forma a facilitar a sua visualização e acesso a informação.

Em apêndice A consta a imagem da tabela de atributos, por meio da seleção com o botão direito sobre layer banco de dados. Esta tabela oferece acesso a todas as informações referentes a cada ponto identificado no campo identificação, como: setor, data da coleta, número da amostra, coordenadas, todos os parâmetros de qualidade de água e as campanhas anteriores. Para visualizar melhor as

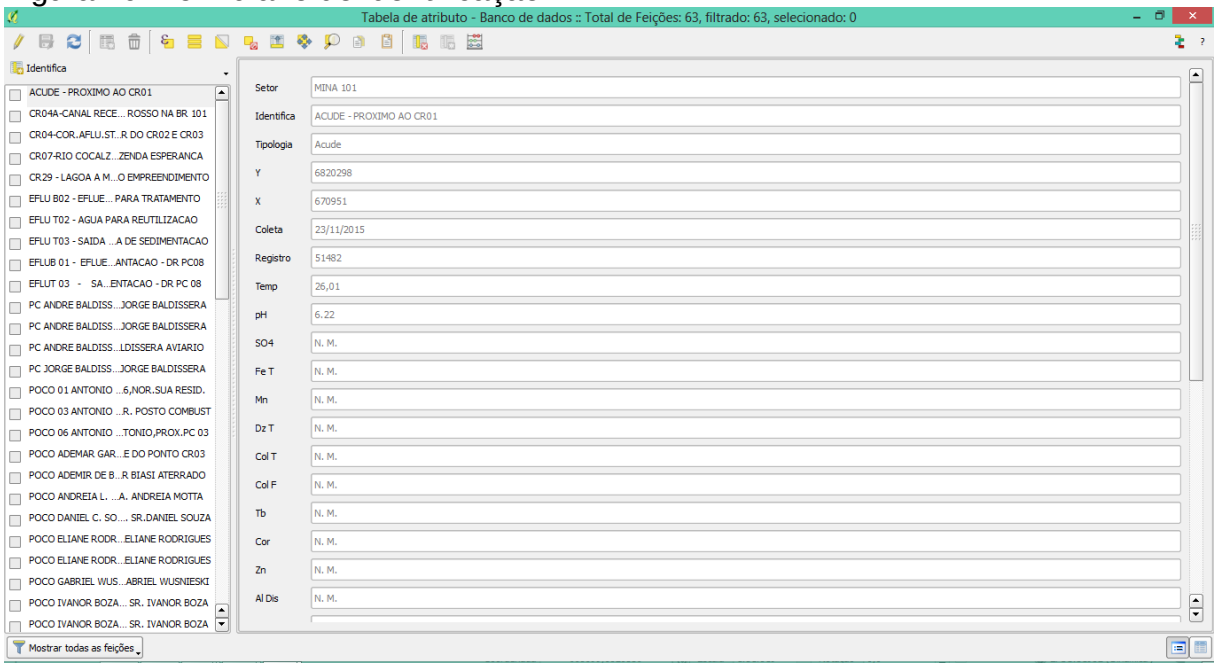
informações de um determinado ponto por vez é possível abrir cada ponto por meio do formulário de identificação (Figura 20).

Figura 19. Visão do SIG.



Fonte: Da autora, 2016.

Figura 20. Formulário de identificação.

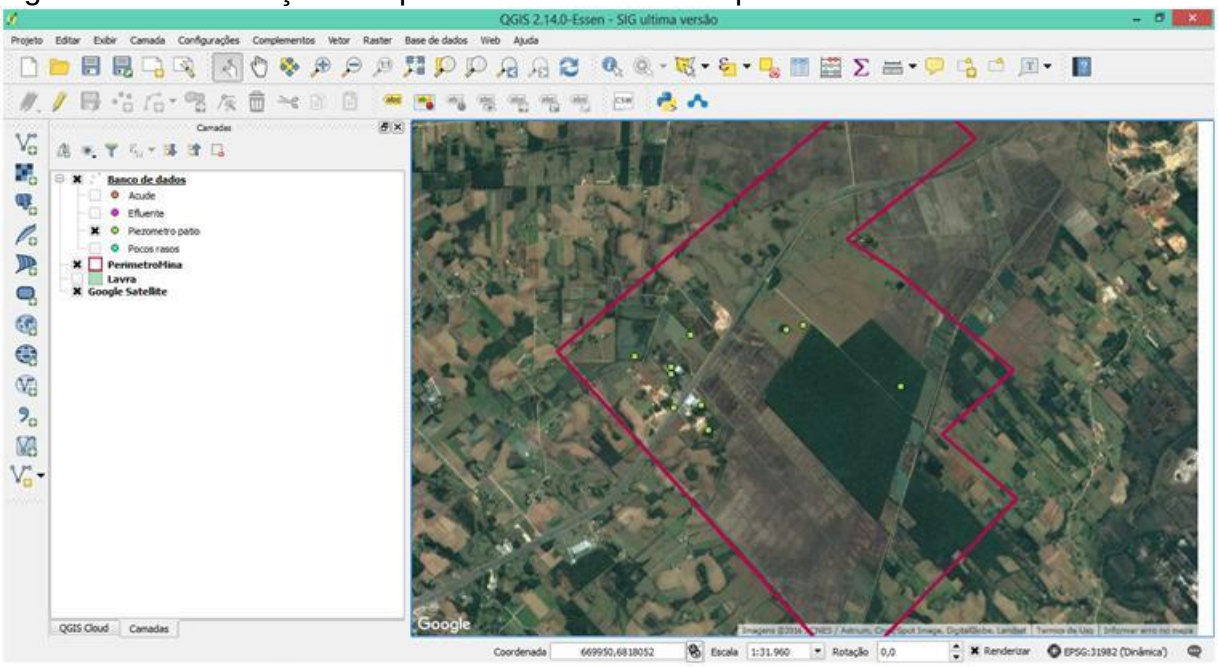


Fonte: Da autora, 2016.

É possível também filtrar os *layers* em tipologia assim é possível a

visualização de só uma tipologia por vez, ou seja, como cada tipologia se distribui espacialmente. Como podemos verificar na Figura 21 a seguir, está selecionada só o *layer* dos piezômetros do pátio. Essa operação só é válida para a versão do Desktop, pois na versão *online* não é possível esta função no QGIS *Cloud*.

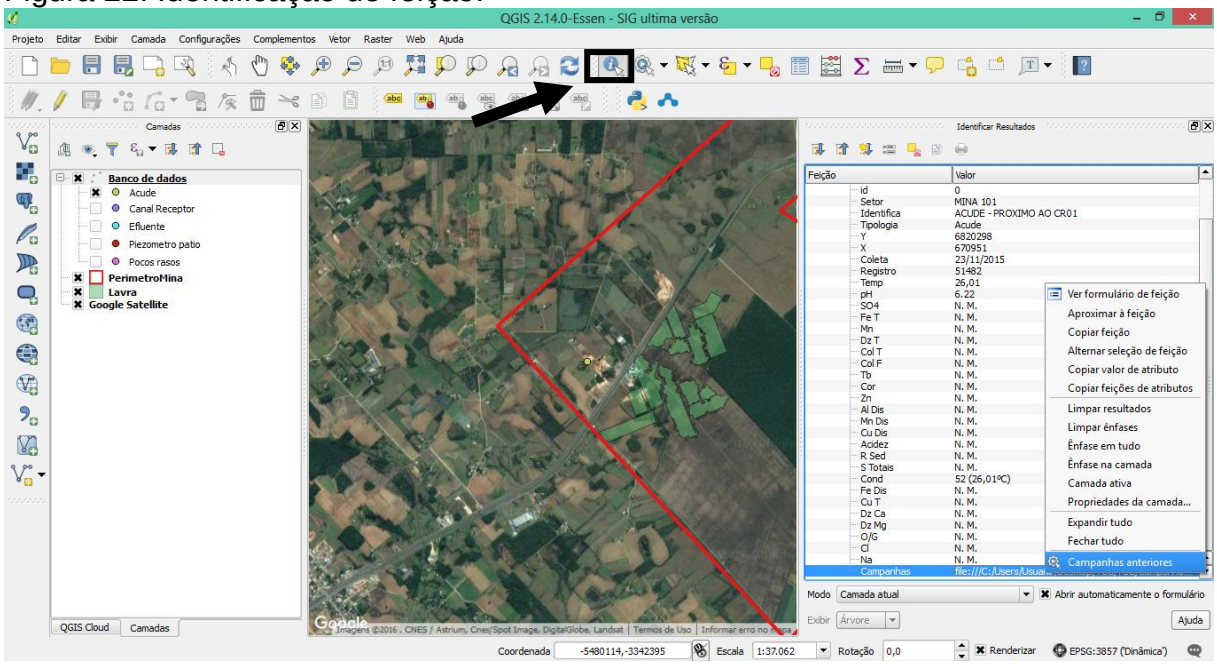
Figura 21. Visualização dos pontos de Piezômetros pátio.



Fonte: Da autora, 2016.

Na tabela de atributos foi inserido no campo de campanhas anteriores o laudo referente a última campanha da análise da amostra de água anterior à data que consta no banco de dados, é possível abrir a por meio do botão identificar feições destacado na Figura 22, que abre este quadro do lado indicando todos os campos, posteriormente deve-se clicar no *link* para abrir o laudo da campanha anterior(apêndice B) .

Figura 22. Identificação de feição.



Fonte: Da autora, 2016.

4.2.2 Disponibilização do SIG em uma plataforma *online*

O QGIS *Cloud* é uma extensão online do QGIS *Desktop*, como o SIG apresentado já foi criado no programa QGIS, o que facilitou a exportação para versão online do mesmo programa. O QGIS *Cloud* é acessado por meio de *login* e senha para publicação do mapa (Figura 23), sendo de fácil acesso e manuseio.

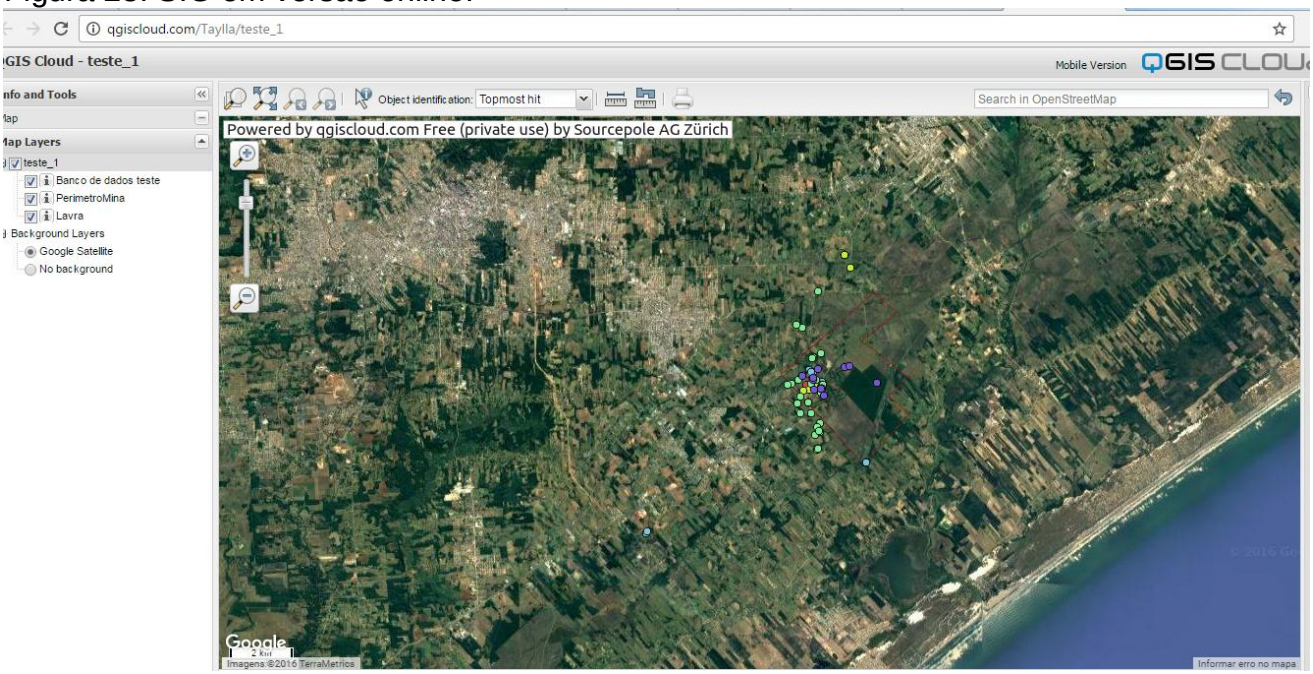
Vantagens do QGIS *Cloud*:

- Acesso rápido, e gratuito.
- Capacidade de acessar de qualquer lugar por plataforma online.

Desvantagem do QGIS *Cloud*:

- Não permite alteração no projeto na versão online.
- Na versão online o mapa é publicado numa plataforma aberta.
- Não permite a visualização da tabela de atributos.

Figura 23. SIG em versão online.



Fonte: Da autora, 2016.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Realizou-se um estudo comparativo entre o sistema de gestão de dados atual realizado na Empresa e o que modificaria caso fosse realizada a implantação do SIG na mesma, abaixo segue um quadro com as etapas de gerenciamento de dados no processo de monitoramento hídrico, e a diferença entre os dois cenários, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5. Avaliação dos cenários mediante análise comparativa.

Indicadores	Sistema de gestão de dados atual	Banco de dados no SIG
Entrada dos dados	É dado entrada nos dados no sistema RDlab mediante os resultados das amostras*;*	A partir dos resultados das análises no RDlab devem ser estudados métodos para que atualize o SIG automaticamente;
Processamento de dados	Atualmente é coletado os dados no sistema interno e realizado planilhas para os relatórios;	Por meio do SIG é capaz de armazenar os dados de forma prática e também tem a disponibilidade online;
Acesso manipulação dos dados	Na empresa existem as pessoas específicas cadastradas no sistema interno onde tem o login e a senha para acessar somente as informações que lhe cabem;	No SIG na sua versão original as pessoas têm acesso às informações de acordo que possuem o programa e os shp, por isso recomenda-se que somente um número reduzido disponha do programa e dos arquivos necessários. E na sua versão online precisaria do endereço do link para acessar as informações;
Relação Custo-benefício	Esta plataforma já se encontra em gestão na Empresa, portanto não teria nenhum custo adicional;	Caso seja feito adequação do RDLAB para que este possa conversar com uma plataforma de gerenciamento de mapas, faz-se necessário o investimento de recursos humanos (pessoas capacitadas) e até mesmo financeiros de modo a fazer com que o sistema seja implantado de forma funcional gerando benefícios ao sistema atual.
Disseminação eficaz dos resultados	O RDLAB gera laudos e relatórios que são muito eficazes para o monitoramento;	Utilizando-se o sistema, todas as informações adicionadas deverão apresentar uma referência geográfica.

4.4 DISCUSSÃO

O banco de dados é muito eficiente como ferramenta de gestão de monitoramento, pois ele oferece uma maior visualização dos dados de forma rápida, favorecendo a mobilidade desses dados. Também reduz o tempo de resposta do sistema já utilizado na empresa facilitando o manuseio dos dados por determinado comando de seleção, e ainda proporciona um aumento significativo na segurança da informação.

Os bancos de dados nada mais são do que conjuntos de informações interligadas que auxiliam na manipulação de muitos dados ao mesmo tempo. Sendo assim eles auxiliam a gestão de dados de monitoramento hídricos, pois dispõe de uma quantidade elevada de informações, as quais podem ser cruzadas, analisadas, filtradas, com um objetivo específico para o seu armazenamento.

Segundo Elmasri e Natavhe, (2005), como um banco de dados pode conter muitos usuários e cada um pode ter uma visão diferenciada do banco de dados, sugere-se que defina-se os gestores responsáveis em atualizar e manipular estas informações.

Entre os benefícios de se manter um banco de dados atualizados (pois isso é de suma importância, que o banco de dados se mantenha com informações atualizadas, pois sem esta atualização de dados, a ferramenta não traria vantagens ao gestor), podemos destacar:

- Fácil visualização e manipulação dos dados;
- Melhor acompanhamento dos resultados das amostras perante o monitoramento dos parâmetros dos recursos hídricos;
- Ferramenta que pode ser melhor trabalhada para atender outras demandas da empresa.

Podemos destacar que este banco de dados foi gerado a partir de uma demanda da Empresa, mas o mesmo pode ser utilizado em diversos campos da gestão de monitoramento ambiental.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O banco de dados foi elaborado a partir de uma necessidade da Empresa de apresentar relatórios de acompanhamento de monitoramento ambiental da qualidade das águas para os órgãos fiscalizadores, pois a Empresa deve atender às condicionantes da Licença Ambiental e também atender um dos critérios da Ação Civil Pública 93.80.00533-4.

Analisando o resultado final do presente trabalho pode verificar a vantagem de manter um banco de dados atualizados inserido no ambiente SIG, pois ele permite fácil acesso aos dados de forma integrada com a visualização da localização geográfica além de permitir a visualização dos dados *online*, que facilita muito ao responsável pelo monitoramento se precisar eventualmente acessar os dados fora do local onde está salvo o banco de dados.

De forma geral pode-se dizer que o resultado foi satisfatório apesar de que algumas melhorias devem ser realizadas, sugere-se que pesquise uma forma de integrar o sistema interno da Empresa o *RDlab* diretamente ao SIG, assim permitindo que a exportação dos dados seja de forma direta e imediata.

Também deve ser implantado um aplicativo que permita registrar as informações na hora de realizar a coleta da amostra de água no campo, cujo aplicativo pode ser uma versão estendida do *RDlab*. Isso irá facilitar na hora de dispor os dados da amostra no sistema.

Outra melhoria a ser implantada no projeto é a extensão *online*, desenvolvendo um software capaz de rodar o QGIS na versão *web,* mas que permita ser editado os dados ou que apresente as mesmas funções que contém a versão original do programa.

Entre as alternativas estudadas durante a estruturação do trabalho, verificou-se a possibilidade de utilizar um servidor, que é um equipamento responsável pelo armazenamento de dados, aplicações de uso coletivo e gestão de ambientes de rede entre outras funções de controle, ou seja, ele forneceria a função de gerenciar o SIG em outros computadores, desde que o mesmo estivesse em funcionamento e conectado à internet.

Sendo assim, optou-se pelo *QGIS cloud* por se tratar de um método prático para uma gestão em plataforma online, mas que tem suas limitações devido

a extensão online não possuir ferramenta de edição, e não permitir a visualização do banco de dados por tipologias, ou a manipulação da tabela de atributos bem como não manter os dados em sigilo.

A elaboração deste trabalho foi limitada devido à falta de tempo para execução e de recursos disponíveis, logo não foi possível desenvolver uma plataforma integrada que envolva as três etapas do processo de monitoramento, coleta, análise e disponibilização dos dados, sugere-se então que estes pontos elencados fiquem como recomendação para empresa e para os próximos trabalhos acadêmicos.

Então como uso futuro na Empresa o QGIS permite a criação dos gráficos das medições dos níveis dos lençóis freáticos, ou seja, correlacionando os valores dos níveis estáticos e precipitação em um banco de dados como realizado com os parâmetros de qualidade de água no presente trabalho, desta forma irá gerar gráficos no ambiente SIG os quais podem ser utilizados nos relatórios de monitoramento hídrico.

Finalmente concluiu que através do SIG é possível aperfeiçoar o processo interno de monitoramento possibilitando o manuseio das informações de forma integrada, cujo também pode ser disponibilizado para os órgãos fiscalizadores se a Empresa assim desejar.

6. REFERÊNCIAS

ARTIOLA, J.F., PEPPER, I.L., BRUSSEAU, M..**Environmental Monitoring and Characterization.** 2004. 1a. edição, Estados Unidos, Editora Elsevier Academic Press. Disponível em: < http://www3.unifai.edu.br/pesquisa/publica%C3 - e-para-que-serve-o>. Acesso em 07 de dezembro de 2016.

BARCELOS, Iolanda Oliveira. **Geoprocessamento.** Disponível em: <http://www.batebyte.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1441> Acesso em 25 de setembro de 2016.

BRASIL. Decreto n°24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Brasília, DF. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm> Acesso em 10 de novembro de 2016.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em 25 de setembro de 2016.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 17 de fevereiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> Acesso em 25 de setembro de 2016.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 18 de março de 2005. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 7 de abril de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 09 ago. 2016.

CÂMARA G., MEDEIROS J. S.. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** 2 ed. São Paulo,1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br> Acesso em 27 de julho de 2016.

CASTRO, Dayan M. **Visualização de dados geográficos urbanos na Web: estudo de caso na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: UFMG, 2011. Disponível em: <http://csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/DayanCastro.pdf >. Acesso em 12 setembro de 2016.

CHARLIER, F., QUINTALE J. **O SIG como ferramenta para a gestão ambiental em uma ferrovia**. Disponível em:<http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista2cor.pdf> Ribeirão Preto, 2004. Acesso em 25 de agosto de 2016.

ELMASRI, Rame.z NAVATHE Shamkant B. **Sistemas de banco de dados.** São Paulo: Pearson, 2005. Disponível em: <http://www.rclick.com.br/prime/BD/Sistema_de_banco_de_dados_Navathe.pdf >. Acesso em 24 de agosto de 2016.

EUROPEAN COMMUNITIES - EC. Guidance Document Nº 7 **– Monitoring Under The Water Framework Directive.** Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/Ec). Working Group 2.7 - Monitoring Luxembourg: 2003. ISBN 92-894-5127-0 ISSN 1725-1087. 160p.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p. ISBN 9788586238826.

GIAMPÁ, Carlos E. Q.; GONÇALVES, Valter G. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos.** São Paulo: Signus, 2006.

GODÓI, Evelyn Loures de. **Monitoramento de água superficial densamente poluída - O córrego Pirajuçara, Região metropolitana de São Paulo, Brasil**. São Paulo,2008.Disponível em:<http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Evelyn%20Loures%20Godoi_M.pdf> Acesso em: 15 de agosto de 2016.

JOHANNES, Gerson. **O uso do SIG**. Universidade de São Paulo.São Paulo. 2015, 170 p. Disponível em:< www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-11092015.../dias_mestrado.pdf>. Acesso em 07 de dezembro de 2016.

JUNIOR, José de Sena Pereira . **Recursos Hídricos – Conceituação, Disponibilidade e Usos.** Consultoria Legislativa: Brasilia – DF, 2004. Disponível em:<http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos_hidricos_jose_pereira.pdf?sequence=4> Acesso em 25 de agosto de 2016.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**. São Paulo: Varela, 2001. 263p.

MEDEIROS, Alan Peixoto *et. al* . **A utilização de sistema de informação geográfica baseada em software livre na área de segurança pública**. Universidade Federal Professor Antônio Carlos. Minas Gerais. 2009, 14 p. Disponível em:< http://docplayer.com.br/4577230-A-utilizacao-de-sistema-de-

informacao-geografica-baseada-em-software-livre-na-area-de-seguranca-publica.html >. Acesso em 08 de dezembro de 2016.

MILIOLI, Geraldo; POMPÊO Marcelo; ALEXANDRE, Nadja Z.. **O sul do Estado**. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=414 >. USP: Departamento de Ecologia. Acesso em 10 de . novembro 2016

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretária executiva e Departamento de Coordenação do Sisnama. **Programa do Meio Ambiente II.** Brasília- DF, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/pnma/_arquivos/04_02_manual_monitor_amb_jul09_6.pdf> Acessado em 27 de julho de 2016.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas.** Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 425p. ISBN 8573832932.

PEREIRA, Luciano Santana. **Motivação de indivíduos e grupos de trabalho.** Maringá, 2012. Disponível em: <http://www.ead.cesumar.br/moodle2009/lib/.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2016.

POVINELLI, J. Prefácio. In: PIVELI, R. P.; KATO, M. T**. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Fisico-Químicos**. São Paulo: ABES, 2006. p. VIII-IX.

QUEIROZ, Gilberto R.; FERREIRA Karine F. **Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos.** Brasil, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/TutorialBdGeo_GeoBrasil2006.pdf >. Acesso em 12 setembro de 2016.

QGIS. Quantum GIS. **Documentação para QGIS 2.0**. 2016. Disponível em:< http://docs.QGIS.org/2.0/pt_BR/docs/index.html>. Acesso em: 12. Setembro de 2016.

ROCHA, César Henrique Barra. **Fundamentos de Geoprocessamento**. Universidade Federal de Viçosa. UFV. Minas Gerais. 2002, 26 p. Disponível em: www.ebah.com.br/content /fundamentos-geoprocessamento. Acesso em 08 de dezembro de 2016.

SANTA CATARINA, Grupo Técnico de Assessoramento - GTA. Ação civil pública nº 93.8000533-4. **9º Relatório dos indicadores ambientais.** Criciúma, novembro de 2015. Disponível em:<https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/index.php>.Acesso em 25 de agosto de 2016.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONOMICO SUSTENTAVEL – SDES. **Planos de Bacias.** Governo Santa Catarina. Disponível em <http://www.aguas.sc.gov.br/instrumentos/planos-de-bacias-instrumentos> Acesso em 10 de novembro de 2016.

SENA, F.T.N.S., NETO B.J.S., LEITE, A.C.S. **Uso do geoprocessamento como subsídio à análise Ambiental: imagem srmt na geração dos mapas Hipsométrico e de declividade das bacias difusas da Barragem boa esperança no estado do Piauí.** IFPI, 2012. Disponível em : <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/121_5.pdf> Acesso em 04 de agosto de 2016.

SILVA, Reginaldo Macedônio da. **Introdução ao geoprocessamento:** conceitos, técnicas e aplicações. Novo Hamburgo, RS: FEEVALE, 2007. 176 p. ISBN 9788577170449.

SCHEUENSTUHL, M. (Ed.) **Bridging water research and management: new perspectives for the americas**. IIE, IIBRH, Ianas, Brazilian academy of sciences, IAP, 2008. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200002. Acesso em 07 de dezembro de 2016.

SOUZA, Luciana Cordeiro de. **Águas subterrâneas e a legislação brasileira.** Curitiba: Juruá, 2009. 235 p.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções.** São Carlos, 2008. Disponível em: <http://scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>. Acesso em 25 de setembro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA -UFV. **Fundamentos de geoprocessamento.** Minas Gerais, 2016. Disponível em:<http://www.metrogeo.org.br/arquivos/Modulo%20Geoprocessamento.pdf>. Acesso em 25 de agosto de 2016.

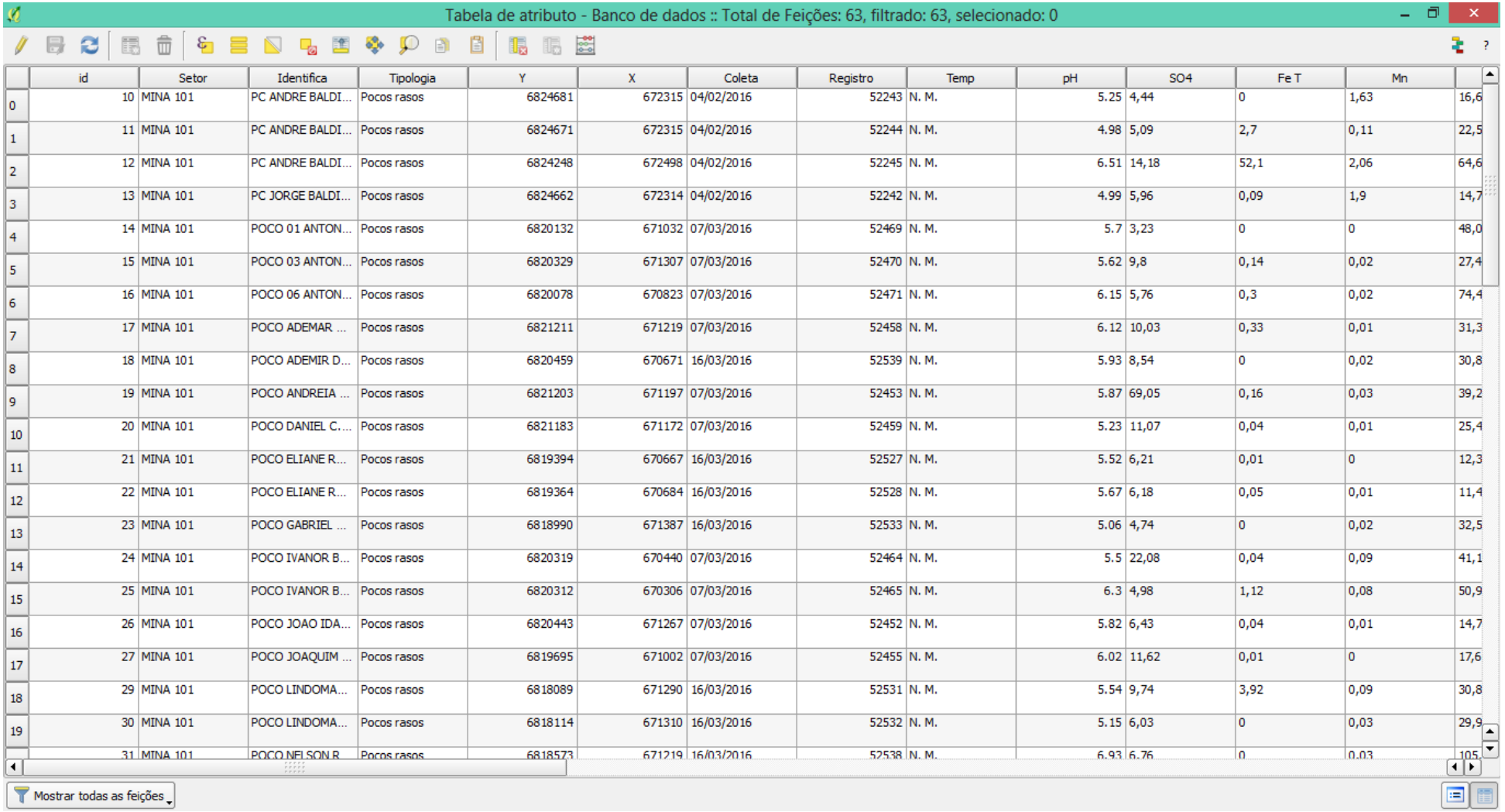
UIL. H.; Geer. F.C; Geherels J.C. Kloosterman. **State of art on monitoring and assessment of groundwaters.** Un/ece task force on monitoring and assessemt. Working programme 1996/1999. Volume 4. The netherlands institute of applird geoscience: lelystad, setempro de 1999. 84 p. Isbn 9036952778.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: Editora Da Ufrgs, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsserie/derad005.pdf> Acesso em 04 de agosto de 2016.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede : uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**.Porto Alegre : EDIPUCRS, 2007. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/online/planetaagua.pdf> Acesso em 25 de agosto de 2016.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Tabela de atributos.



	id	Setor	Identifica	Tipologia	Y	X	Coleta	Registro	Temp	pH	SO4	Fe T	Mn	
0	10	MINA 101	PC ANDRE BALDI...	Pocos rasos	6824681	672315	04/02/2016	52243	N. M.	5.25	4,44	0	1,63	16,6
1	11	MINA 101	PC ANDRE BALDI...	Pocos rasos	6824671	672315	04/02/2016	52244	N. M.	4.98	5,09	2,7	0,11	22,5
2	12	MINA 101	PC ANDRE BALDI...	Pocos rasos	6824248	672498	04/02/2016	52245	N. M.	6.51	14,18	52,1	2,06	64,6
3	13	MINA 101	PC JORGE BALDI...	Pocos rasos	6824662	672314	04/02/2016	52242	N. M.	4.99	5,96	0,09	1,9	14,7
4	14	MINA 101	POCO 01 ANTON...	Pocos rasos	6820132	671032	07/03/2016	52469	N. M.	5.7	3,23	0	0	48,0
5	15	MINA 101	POCO 03 ANTON...	Pocos rasos	6820329	671307	07/03/2016	52470	N. M.	5.62	9,8	0,14	0,02	27,4
6	16	MINA 101	POCO 06 ANTON...	Pocos rasos	6820078	670823	07/03/2016	52471	N. M.	6.15	5,76	0,3	0,02	74,4
7	17	MINA 101	POCO ADEMAR ...	Pocos rasos	6821211	671219	07/03/2016	52458	N. M.	6.12	10,03	0,33	0,01	31,3
8	18	MINA 101	POCO ADEMIR D...	Pocos rasos	6820459	670671	16/03/2016	52539	N. M.	5.93	8,54	0	0,02	30,8
9	19	MINA 101	POCO ANDREIA ...	Pocos rasos	6821203	671197	07/03/2016	52453	N. M.	5.87	69,05	0,16	0,03	39,2
10	20	MINA 101	POCO DANIEL C....	Pocos rasos	6821183	671172	07/03/2016	52459	N. M.	5.23	11,07	0,04	0,01	25,4
11	21	MINA 101	POCO ELIANE R...	Pocos rasos	6819394	670667	16/03/2016	52527	N. M.	5.52	6,21	0,01	0	12,3
12	22	MINA 101	POCO ELIANE R...	Pocos rasos	6819364	670684	16/03/2016	52528	N. M.	5.67	6,18	0,05	0,01	11,4
13	23	MINA 101	POCO GABRIEL ...	Pocos rasos	6818990	671387	16/03/2016	52533	N. M.	5.06	4,74	0	0,02	32,5
14	24	MINA 101	POCO IVANOR B...	Pocos rasos	6820319	670440	07/03/2016	52464	N. M.	5.5	22,08	0,04	0,09	41,1
15	25	MINA 101	POCO IVANOR B...	Pocos rasos	6820312	670306	07/03/2016	52465	N. M.	6.3	4,98	1,12	0,08	50,9
16	26	MINA 101	POCO JOAO IDA...	Pocos rasos	6820443	671267	07/03/2016	52452	N. M.	5.82	6,43	0,04	0,01	14,7
17	27	MINA 101	POCO JOAQUIM ...	Pocos rasos	6819695	671002	07/03/2016	52455	N. M.	6.02	11,62	0,01	0	17,6
18	29	MINA 101	POCO LINDOMA...	Pocos rasos	6818089	671290	16/03/2016	52531	N. M.	5.54	9,74	3,92	0,09	30,8
19	30	MINA 101	POCO LINDOMA...	Pocos rasos	6818114	671310	16/03/2016	52532	N. M.	5.15	6,03	0	0,03	29,9
	31	MINA 101	POCO NELSON R...	Pocos rasos	6818573	671219	16/03/2016	52538	N. M.	6.93	6,76	0	0,03	105

APÊNDICE B - Laudo gerado a partir do atalho das campanhas anteriores.

Relatório de Análises/Ensaios - Águas

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Data do recebimento da amostra: 31/08/2015

Nº Registro: 50067

Setor: MINA 101

Identificação: AÇUDE - PRÓXIMO AO OR01 / OK

Coordenadas Geográficas UTM: N = 6820298 E = 670951

Data da Coleta: 24/08/2015 Hora da Coleta:

Temperatura da Amostra (°C): Condições do tempo: Bom

Coletor: Cleiton Interessado: Engª Rocimeri

ANÁLISES

Parâmetro - Unidade	Resultado	Min. Detect.	Metodologia	Proc.
Temperatura	19,80	0,1		
pH	6,51	0,1	Potenciométrico	LAB 559
Condutividade - µS/cm	47 a 19,80°C	0,1	Condutivimétrico	LAB 630
Oxigênio Dissolvido - mg/L	2,28	0,08	Oximetro	LAB 588

Urussanga, 10 de Setembro de 2015

Rocimeri Venâncio Redivo
Engª M.Sc Química
CRQ 13300318 - 13ªR
CREA 250 314 974-0

Os resultados contidos neste Relatório aplicam-se restritamente a(s) amostra(s) analisada/ensaiada(s) e só deve ser reproduzido na íntegra.

Av. Presidente Vargas, [illegible] - Caixa Postal [illegible] - CEP: [illegible] - Urussanga - Santa Catarina - Brasil
Fone/Fax: ([illegible]) [illegible] - [illegible] - [illegible]