

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

BRUNA MAXIMIANO PEREIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO SANGÃO,
BACIA HIDROGRÁFICA RIO ARARANGUÁ-SC PARA USO INDUSTRIAL,
AGRÍCOLA E ABASTECIMENTO PÚBLICO**

CRICIÚMA

2016

BRUNA MAXIMIANO PEREIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO SANGÃO,
BACIA HIDROGRÁFICA RIO ARARANGUÁ-SC PARA USO INDUSTRIAL,
AGRÍCOLA E ABASTECIMENTO PÚBLICO**

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

Orientador: Prof. Espec. Luiz Rodeval Alexandre

CRICIÚMA

2016

BRUNA MAXIMIANO PEREIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO SANGÃO,
BACIA HIDROGRÁFICA RIO ARARANGUÁ-SC PARA USO INDUSTRIAL,
AGRÍCOLA E ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
aprovado pela Banca Examinadora para
obtenção do Grau de Engenheiro Químico no
Curso de Engenharia Química da Universidade
do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com
Linha de Pesquisa em tratamento de efluentes.

Criciúma, 02 de dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luiz Rodeval Alexandre - Especialista - (UNESC)

Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa – Mestre – (IPAT/UNESC)

Prof. Nadja Zim Alexandre – Mestre – (IPAT/UNESC)

Dedico este trabalho à minha família, que me ensinou que o amor, a dedicação e a fé são os pilares da vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meu pais, Geziane e Ailton, por toda a dedicação, amor e alegrias ao longo desses anos, e por respeitarem e apoiarem minhas decisões, sempre buscando me guiar pelo melhor caminho.

A Deus, por me guardar em suas asas de amor para que eu pudesse superar todos os obstáculos.

À minha família, em especial ao meu irmão Fernando que sempre me deu proteção e carinho, as minhas Avós Ana e Terezinha pelas palavras de afeto e pelo amor que sempre me deram.

Ao meu namorado, Tiago, pelo amor, dedicação e compreensão ao longo desses anos

Ao meu orientador, Luiz Rodeval Alexandre, por me ofertar todas as condições para a realização deste trabalho, ao auxílio e por toda a dedicação dispensada.

AEPOSS, pela oportunidade de estágio

Ao meu supervisor e amigo, Eduardo Serafim, pelo apoio, suporte e auxílio.

Aos meus amigos, Julia, Eduardo, Paula, Murilo, Denner e Ana Paula, pela força e companheirismo ao longo desta jornada.

A todos aqueles que colaboraram, direta ou indiretamente, para a concretização deste trabalho, meu muito obrigada!

“É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como pobres de espírito, que não lutam, mas também não vencem, que não conhecem a dor da derrota, nem a glória de ressurgir dos escombros. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido, mas desculpam-se perante Ele, por terem apenas passado pela vida”.

Bob Marley

RESUMO

A terra é composta por 70% de água, desses 2,5% representam a parcela de água doce, porém apenas 0,15% é considerada propícia para o consumo. O desenvolvimento das cidades e o aumento da população requer uma demanda cada vez maior de água, esta demanda já não pode ser atendida em alguns países. No Brasil estados como o de São Paulo já apresentam déficit no abastecimento de água, devido à falta de chuva e também a poluição dos rios através da ação da indústria, da agricultura e da falta de saneamento básico. A região carbonífera de Santa Catarina em função da mineração apresenta um quadro de poluição que levou a contaminação das suas três bacias hidrográficas: Araranguá, Urussanga e Tubarão. Esta situação pressiona os mananciais aptos para o uso no abastecimento público. O Rio Sangão, afluente do Rio Mãe Luzia, pertencente a bacia hidrográfica do Rio Araranguá, é um dos rios mais prejudicados pela mineração, representando quase 80% da carga poluidora que chega ao Rio Mãe Luzia. O principal objetivo deste estudo é avaliar o potencial de melhoria da qualidade da água do Rio Sangão através do seu tratamento, e para isso propõem-se como forma de reaproveitamento e redução de custo a utilização da estrutura remanescente da ex Indústria Carboquímica Catarinense (ICC), atual IPARQUE (UNESC). Para verificar a viabilidade deste reaproveitamento e do potencial de uso da água do Rio Sangão, procedeu-se a realização de ensaios de tratabilidade considerando os parâmetros mais indicativos da carga poluente gerada pela mineração do carvão: pH, ferro total, sólidos totais e turbidez. Os testes simularam num primeiro tratamento a técnica utilizada pelas mineradoras da região para os efluentes de DAM (drenagem ácida de mina) e efluentes do beneficiamento, A segunda etapa do tratamento foi considerado o tratamento convencional aplicado para uma ETA, tomando por base a CASAN de Criciúma. Complementarmente, a água tratada foi submetida a uma etapa de polimento, que adotou a técnica de desmineralização como forma de enquadramento nos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria 2.914 e aplicações industriais que exigem baixos teores de dureza. Os resultados obtidos revelaram um grande potencial de aproveitamento da água do rio Sangão para os usos propostos: industrial, agrícola e mitigação de impactos do rio com descarte da água tratado no mesmo, conforme legislações do CONAMA n 357 e 430. Quanto a potabilidade, embora os resultados apontem para um potencial aproveitamento é necessário mais aprofundamento nos estudos para confirmar a sua viabilidade no atendimento da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.

Palavras chaves: Tratabilidade; Rio Sangão; Mitigação; Potabilidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 DISPONIBILIDADE, UTILIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA	16
3.1.1 Panorama mundial.....	16
3.1.2 Panorama Brasil	18
3.2 CONTROLE DE QUALIDADE E TRATAMENTO DA ÁGUA	23
3.2.1. Qualidade da água para consumo humano	24
3.2.2 Classificação da qualidade da água	27
3.2.3 Normas técnicas aplicadas a projetos	32
3.2.4 Aspectos que influenciam na qualidade da água	32
3.2.5 Tratamento convencional para obtenção de água potável	38
3.2.6 Ensaio de bancada.	50
4 METODOLOGIA.....	51
4.1 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO	51
4.1.1 Seleção dos potenciais pontos de captação	51
4.1.2 Caracterização dos pontos selecionados	54
4.1.3. Estratégia de tratamento.	55
4.2 AVALIAÇÃO DAS OPÇÕES DE USO FUTURO DA ÁGUA TRATADA .	60
4.2.1 Uso para atividade agrícola.....	60
4.2.2 Uso para setor industrial.....	60
4.2.3 Uso para consumo humano.....	60
4.2.4 Mitigação dos impactos do Rio Sangão.	61
4.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA	61
4.3.1 Modelo de uma Estação de Tratamento de Água.....	61
4.3.2 Projeto Conceitual	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO.	65

5.1.1 Seleção dos potenciais pontos de captação.	65
5.1.2 Caracterização dos pontos selecionados	65
5.1.3 Estratégia de tratamento.	67
5.2 AVALIAÇÃO DAS OPÇÕES DE USO FUTURO DA ÁGUA TRATADA .	72
5.2.1 Uso para atividade agrícola.	72
5.2.2 Uso para setor industrial.	73
5.2.3 Uso para consumo humano.....	73
5.2.4 Mitigação dos impactos do Rio Sangão.	74
5.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA	74
5.3.1 Modelo de uma Estação de Tratamento de Água.	74
5.3.2 Projeto Conceitual	76
6 CONCLUSÃO	83
7 RECOMENDAÇÕES.....	84
REFERÊNCIAS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Araranguá.	20
Figura 02 – Rede Hidrográfica da bacia do rio Araranguá.	21
Figura 03 – Dimensões padronizadas de medidores Parshall.	41
Figura 04 – Floculador mecânico giratório com paletas perpendiculares e paralelas ao eixo.	44
Figura 05 – Seção vertical – longitudinal do decantador retangular.	45
Figura 06 – Seção vertical – longitudinal do decantador circular.	46
Figura 07 – Estrutura remanescente da indústria ICC.	51
Figura 08 – Área de influência adotada.	52
Figura 09 – Localização dos pontos escolhidos.	52
Figura 10 – Imagem ilustrativa dos pontos de possível captação.	53
Figura 11 – Galões com água do Rio Sangão.	54
Figura 12 – Estratégia de tratamento.	55
Figura 13 – Equipamentos utilizados para o tratamento em escala laboratorial.	56
Figura 14 – Visão aérea da Estação de Tratamento de água da CASAN.	62
Figura 15 – Fluxograma da ETA CASAN Criciúma – SC.	62
Figura 16 – Fluxograma de uma unidade piloto de tratamento de DAM.	64
Figura 17 – Resultados da análise dos pontos 1, 2 e 3.	65
Figura 18 – Avaliação dos polímeros.	68
Figura 19 – Análise dos resultados obtidos após neutralização.	70
Figura 20 – Análise dos resultados obtidos após tratamento completo.	71
Figura 21 – Dosagem de Gás Cloro.	76
Figura 22 – Fluxograma demonstrativo das possíveis utilizações da água.	77
Figura 23 – Fluxograma ETE.	78
Figura 24 – Fluxograma ETA.	79
Figura 25 – Fluxograma Polimento.	80
Figura 26 - Desmineralizador industrial.	81
Figura 27 – Raio de distribuição.	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Consumo anual de água, por tipo de uso.	17
Gráfico 02 - Curva de neutralização dos pontos com Cal Hidratada 10%.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Evolução do consumo per capita de água pelo homem.	16
Tabela 02 – Distribuição da água no Brasil.	18
Tabela 03 – Distribuição produtiva regional.	19
Tabela 04 - Tempo mínimo para temperatura de 20°C e pH indicado	25
Tabela 05 – Padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914 MS.	25
Tabela 06 – Número de amostras e frequência para controle de qualidade da água do sistema de abastecimento de água potável.	26
Tabela 07 – Número de amostras e frequência para controle de qualidade da água do sistema de abastecimento de água potável com base nos parâmetros bacteriológicos.	26
Tabela 08 – Destinação da água conforme sua classe.	27
Tabela 09 – Alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Resolução 357 CONAMA.	30
Tabela 10 – Principais parâmetros para o lançamento de efluente.	31
Tabela 11 – Relação entre pH e as diversas formas de alcalinidade.	35
Tabela 12 – Classificação da água conforme níveis de dureza	37
Tabela 13 – Velocidade de sedimentação das partículas em função do tamanho.	39
Tabela 14 – Coagulantes e faixas de pH ideais.	40
Tabela 15 – Critérios básicos para o dimensionamento de decantadores de fluxo horizontal convencionais.	46
Tabela 16 – Classificação dos filtros conforme velocidade de filtração.	47
Tabela 17 – Descrição dos pontos.	53
Tabela 18 – Parâmetros solicitados e metodologia.	55
Tabela 19 – Parâmetros solicitados e metodologia.	59
Tabela 20 – Possíveis utilizações a regulamentação utilizada como base.	60
Tabela 21 – Resultado da análise de coliformes totais e pH.	66
Tabela 22 – Resultado obtido através da decantação.	68
Tabela 23 – Resultado obtido na filtração.	69
Tabela 24 – Resultado da eficiência do desmineralizador	69
Tabela 25 – Resultado da análise de coliformes totais e turbidez.	71
Tabela 26 – Qualidade da água tratada no ponto 2	72
Tabela 27 – Resultado obtido comparado com CONAMA 357 e 430.	73

Tabela 27 – Comparação entre a água tratada e a portaria 2.914 MS.	73
Tabela 28 – Resultado obtido comparado com CONAMA 430.	74
Tabela 29 – Áreas e Volume dos Tanques de Decantação CASAN.	75
Tabela 30 – Áreas e Volume dos Filtros da CASAN.	75
Tabela 31 – Dimensões dos tanques remanescentes da ICC.....	78
Tabela 32 – Dimensionamento ETA com base na CASAN Criciúma.....	80

1 INTRODUÇÃO

A Região Carbonífera Catarinense se desenvolveu através da exploração do carvão mineral, atividade que gerou um grande impacto ambiental. Segundo Dassi (2006), um estudo realizado pela FATMA classificou estas regiões como em estado crítico devido à lavra, beneficiamento, transporte e estocagem do rejeito da mineração.

No auge da mineração foi instituída a Indústria Carboquímica Catarinense (ICC), que teve como principal objetivo reaproveitar os rejeitos piritosos, para a produção de ácido sulfúrico e ácido fosfórico, e de forma indireta, reduzir os impactos causados pelos mesmos. No município de Criciúma, no bairro Sangão, localizou-se uma das unidades industriais da ICC, onde ocorria a concentração da pirita, gerada nas minas da região carbonífera. A empresa foi desativada em 1993, sendo que parte da estrutura civil foi aproveitada pelo Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE) que pertence à Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

A região carbonífera em função da mineração apresenta um quadro de poluição que levou a contaminação das suas três bacias hidrográficas: Araranguá, Urussanga e Tubarão. Esta situação pressiona fortemente os mananciais remanescentes e aptos para o uso como opção para o abastecimento público, obrigando a busca de alternativas para suprir as necessidades cada vez mais críticas no que se refere a disponibilização de água para consumo humano, industrial e agrícola. O Rio Sangão, afluente do Rio Mãe Luzia, pertencente à bacia do rio Araranguá, representa 80% da poluição que impacta o rio Mãe Luzia, estando localizado numa área de influência de 30 mil hectares de plantio de arroz, ocasionando uma perda de produtividade de até 45%. (AGEITEC, 2016; DASSI, 2006).

A motivação para este estudo reside no desafio de transformar uma água considerada inapropriada para o seu uso, devido a sua contaminação pela mineração, como é o caso do Rio Sangão, em uma fonte potencial aproveitável para o consumo humano, industrial e atividades agrícolas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a viabilidade de tratamento da água do Rio Sangão para uso industrial, agrícola e abastecimento público, além de mitigar os impactos ambientais causados a água do Rio Sangão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar ensaio de tratabilidade da água do Rio Sangão.
- Avaliar as opções de uso futuro da água tratada.
- Elaborar projeto conceitual para o tratamento da água.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DISPONIBILIDADE, UTILIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

Conforme Gomes (2011), a água é um recurso essencial para todos os seres vivos. A água é provavelmente o único recurso que envolve todos os aspectos da civilização humana, sendo utilizada em diversos setores da economia.

3.1.1 Panorama mundial

Acredita-se que 70% da superfície do planeta seja composta por água. Desses, 97,5% são de água salgada e 2,5% são de água doce, que está distribuída na forma de geleira, em regiões subterrâneas de difícil acesso e em regiões de fácil acesso. (GOMES, 2011)

Segundo Macêdo (2001), 0,15% da água doce disponível estão aptas para o consumo, e estão distribuídas em lagos, nascentes e lençóis freáticos. A abundância desse elemento líquido traz a falsa ideia de inesgotável, porém analisando a quantidade de água doce presente em nosso planeta, fica explícito a necessidade da manutenção e preservação desse bem natural pois seu consumo vem aumentando ao longo das décadas conforme mostra a Tabela 01.

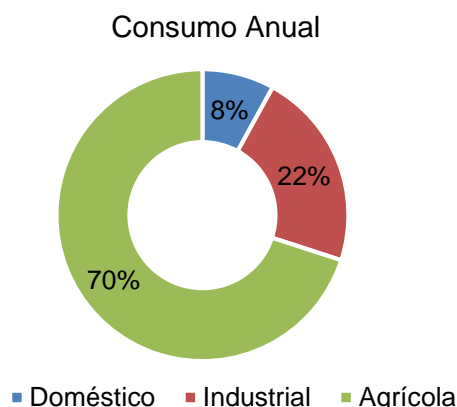
Tabela 01 – Evolução do consumo per capita de água pelo homem.

Homem	Volume (L/dia)
100 anos a.C	12
Romano	20
Século XIX (cidades pequenas)	40
Século XIX (cidades grandes)	60
Século XX	800

Fonte: MACÊDO, 2001.

O consumo da água pode ser dividido conforme a sua utilização. O gráfico 01 representa de forma geral, a utilização da água conforme os principais tipos de uso.

Gráfico 01 – Consumo anual de água, por tipo de uso.



Fonte: MACÊDO, 2001.

Porém em países desenvolvidos, como é o caso de Europa e da América do Norte, o maior consumo fica para o setor industrial, consumindo em torno de 50%. Na América Latina, Ásia e África a agricultura consome 80% da água disponível. Entretanto, na Oceania o quadro se inverte e o setor doméstico que chega a consumir cerca de 64% da água disponível. (MACÊDO, 2001).

Ainda conforme Macêdo (2001), o estudo do consumo de água realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), mostra que atualmente 29 países não possuem água doce suficiente para suprir a necessidade de toda a sua população. Conforme Barbosa (2015), estima-se ainda que 748 milhões de pessoas no mundo não tem acesso a uma fonte segura de água potável. Em 2025, 48 países já não conseguirão suprir a necessidade de consumo de toda a população e por fim, em 2050 cerca de 50 países terão esta mesma dificuldade. Docol (2013) acrescenta ainda que a ONU realizou um estudo onde afirma que mais de 11 milhões de pessoas já morreram e 2 bilhões foram afetadas, de alguma forma, por secas desde 1900 e o cenário tende a piorar. Estima-se que nos últimos 60 anos a quantidade de terras secas aumenta 2% por década. Países como Brasil, México, China, Índia, Rússia, EUA, sudoeste da Europa, regiões do Chifre da África e do Sahel, tendem a aumentar o número de secas no futuro.

3.1.2 Panorama Brasil

O Brasil é considerado um país privilegiado quando o assunto é água, pois nele encontra-se a maior reserva de água doce do planeta, ou seja, 12%. No entanto, a água presente no Brasil não é distribuída de forma igualitária ao longo da sua extensão territorial. A Tabela 02 mostra a distribuição da água de acordo com cada região do território Brasileiro.

Tabela 02 – Distribuição da água no Brasil.

Região	Densidade demográfica (hab/km²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro-Oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6%
Sul	48,58	6,5%

Fonte: PENA, 2016.

A região nordeste é uma das maiores regiões, em extensão territorial, do Brasil e possui apenas 3,3% dos recursos hídricos. Esta região ainda sofre com falta de chuvas devido ao seu clima característico, e desde de 2012 vem apresentando a maior seca da história.

Outra grande disparidade é a região sudeste, que apresenta maior densidade demográfica e possui apenas 6% dos recursos hídricos do país. Este fato aliado a ausência de chuva trouxe ao estado de São Paulo uma crise no sistema de abastecimento de água que perdura desde de 2012.

Além disso, os rios e lagos brasileiros disponível para captação de água com boa qualidade estão cada vez mais comprometidas. Na região Amazônica a qualidade dos mananciais está sendo afetada, por exemplo, pela ação dos garimpos clandestinos que liberam uma carga considerável de mercúrio alterando a qualidade da água. (PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS, 2013).

Em 2015 ocorreu o pior acidente da mineração brasileira, o rompimento da barragem de rejeitos da mineração em Mariana (MG), que provocou a liberação de cerca de 62 milhões de metros cúbicos de rejeito (óxido de ferro, lama e água) no Rio Doce, que representa a maior bacia hidrográfica que abastece a região sudeste. (SANTOS, 2016).

Sabe-se que as mineradoras são empresas que consomem muita água e geram bastante rejeito, o que faz com que essa atividade gere muitos impactos ambientais. No entanto é uma atividade necessária para a sociedade pois ajudou e ainda ajuda no desenvolvimento de estados como, por exemplo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

3.1.2.1 Panorama Santa Catarina

A Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento (SEPLAN) (1991) afirma que 80% dos rios de Santa Catarina estão comprometidos devido a despejos de esgoto doméstico e a ação de fontes da indústria. Ainda segundo a SEPLAN, a região sul de Santa Catarina tem aumentado de forma alarmante a contaminação de rios, principalmente devido a atividade mineradora, que representou ao estado um grande crescimento econômico.

O sistema econômico de Santa Catarina é bastante diversificado e pode ser demonstrado pela Tabela 03 a seguir.

Tabela 03 – Distribuição produtiva regional.

Mesorregiões	Principais municípios	Características produtivas
Oeste	Chapecó, Condórdia, etc.	Aves, suínos, soja e maçã
Norte	Joinvile, Jaraguá do Sul, etc.	Pecuário extensiva e leiteira, arroz, hortaliças, fruticultura e silvicultura
Serrana	Lages, Urubici, São Joaqui, etc.	Extratativismo madeireiro, reflorestamento, soja, alho e maçã
Vale do Itajaí	Blumenau, Itajaí, Brusque, etc.	Fumo, arroz, cebola, banana, madeira e leite.
Grande Florianópolis	Florianópolis, São José, etc.	Banana, laranja, uva, cebola, fumo, tomate e leite
Sul Catarinense	Criciúma, Tubarão, etc.	Fumo, arroz, fruticultura, mandioca e ovos

Fonte: PORTAL DA ECONOMIA DE SANTA CATARINA, adaptado pelo AUTOR, 2016.

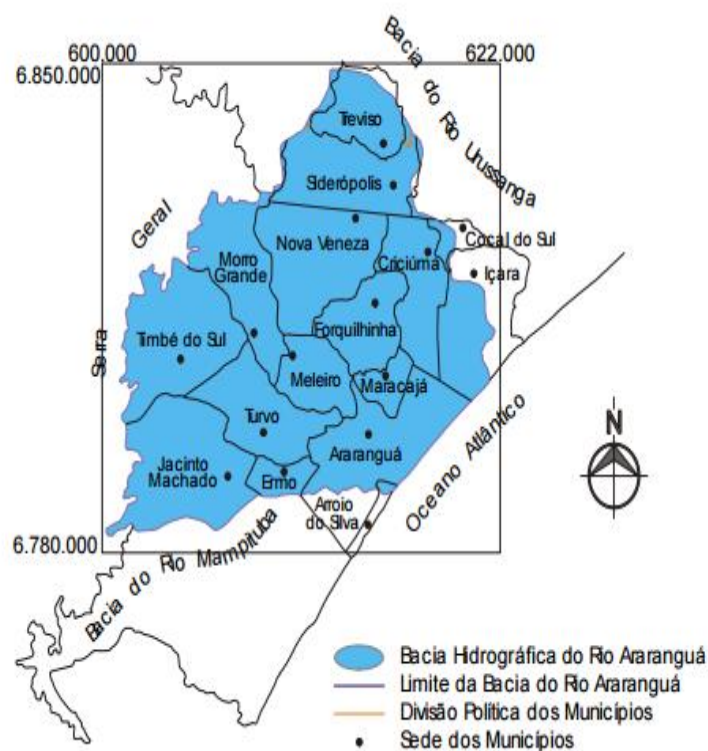
O sul de Santa Catarina depende das chuvas para manter sua principal fonte de renda, o setor agrícola. O setor agrícola, como a rizicultura, depende da qualidade da água para apresentar maior produtividade na safra. Desta forma, torna-se essencial o incentivo e a procura por meios de tratamento das águas contaminadas dos rios. Para melhor entender esse cenário é necessário também conhecer o sistema hídrico da região.

3.1.2.1.1 Sistema hidrográfico de Santa Catarina

A hidrografia do estado é composta por dois sistemas independentes de drenagem, a vertente interior formada pela bacia do Prata que compreende as bacias do rio Paraná e Uruguai e a vertente do Atlântico localizada no litoral que é formada por várias bacias isoladas. A Serra Geral é a responsável por drenar e dividir as águas das duas vertentes. (SEPLAN, 1991).

A figura 01 mostra os municípios abrangidos pela bacia do Rio Araranguá.

Figura 01 – Municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Araranguá.

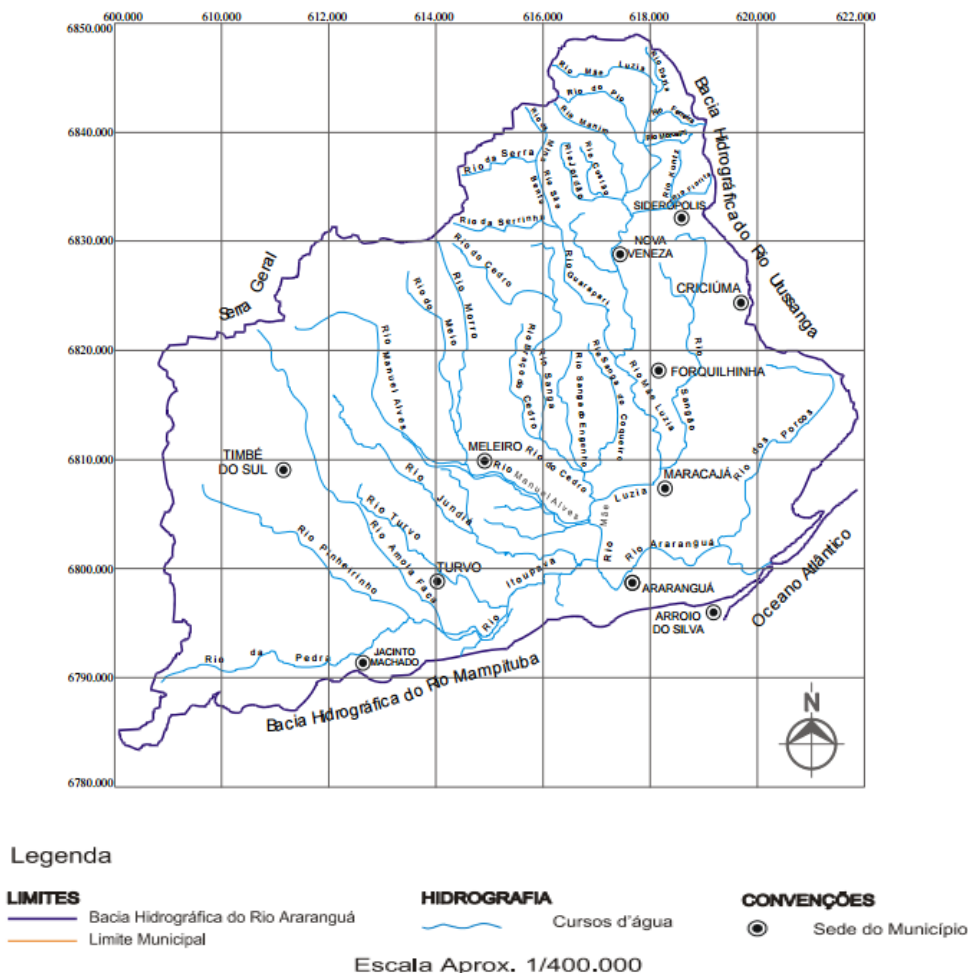


Fonte: KREBS; ALEXANDRE adaptada pelo AUTOR, 2000.

Segundo Prates (1986), as principais bacias da vertente litorânea são a Itapocu, Itajaí, Tijucas, Cubatão, Tubarão, Mampituba e Araranguá. A bacia do rio Araranguá possui uma área de drenagem de 3.020 km² e possui um comprimento dos cursos hídricos de 5.916 km e chega a abranger 16 municípios, dentre os quais está Criciúma. Assim como as outras vertentes do Atlântico, a vertente do rio Araranguá possui suas nascentes junto à Serra Geral, tendo como formadores os rios Itoupava e Mãe Luzia. (DASSI, 2006).

A figura 02 representa a rede hidrográfica do rio Araranguá.

Figura 02 – Rede Hidrográfica da bacia do rio Araranguá.



Fonte: KREBS; ALEXANDRE. 2000.

As figuras 01 e 02 mostram que os principais municípios da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC) compõem a bacia do rio Araranguá,

são eles: Criciúma, Nova Veneza e Siderópolis, caracterizados pela extração de carvão mineral.

A bacia do rio Araranguá é dividida em cinco sub bacias: o rio Mãe Luzia, Manoel Alves, Itoupava, dos Porcos e baixo Araranguá. O rio Mãe Luzia é um dos principais rios da bacia do rio Araranguá que drena grande parte da região carbonífera, possui como afluentes mais importantes o rio São Bento, o Manuel Alves e do Cedro pela margem direita e pela margem esquerda o rio Fiorita e o rio Sangão. Este último é um dos rios mais prejudicados pela ação de mineradoras pois recebeu grande carga poluidora no auge da mineração.

Estima-se que na época aproximadamente 300 mil m³/dia de efluentes ácidos eram despejados no rio, além do esgoto sanitário. Tal fato culminou na poluição da maioria dos rios da região, em 1980 a região sul de Santa Catarina foi classificada como a 14^a região mais crítica do Brasil. O principal agravante do problema da atividade mineradora é que diferente das outras atividades industriais o fechamento das minas não cessa a poluição, a drenagem ácida oriunda da mina continua sendo uma fonte poluidora bastante representativa nos rios da região. O rio Sangão é afluente do Rio Mãe Luzia e de toda a carga poluidora que o rio Mãe Luzia recebe 83% é oriunda do rio Sangão. Estes rios possuem um pH de 2,6 a 3,2, desta forma esse rio é considerado como morto. (DASSI, 2006; ALEXANDRE, 2000).

Na bacia do rio Araranguá encontram-se cerca de 30 mil hectares de plantio de arroz, este é prejudicado com uma queda de produtividade de 45% devido ao uso da água ácida dos rios na etapa de irrigação. Em épocas de cheias, o ecossistema aquático do Vale do Araranguá é afetado pela água contaminada pela mineração resultando na morte de peixes e afetando 5.000 famílias que dependem da pesca. (DASSI, 2006).

3.1.2.1.2 Atividades mineradora na região de Criciúma

Em meados de 1934 a 1965 tiveram início estudos sobre o uso da pirita do carvão de Santa Catarina, porém muito pouco foi concretizado neste período. Em 1940 e 1950 o Brasil não era autossuficiente em enxofre, havendo a necessidade de importar tal matéria prima. Porém, após a segunda guerra mundial o valor do enxofre estava cada vez mais alto, e não se tinha uma reserva considerável de fácil extração

no país. No entanto, sabia-se que havia uma porção de enxofre no rejeito do carvão: a pirita. (MORAES, 2004; SOUZA, 2007)

Segundo Moraes (2004), em 1960 a economia nacional via novamente o preço do enxofre subir desta forma emergia a necessidade de aproveitar o rejeito do carvão para produção do enxofre elementar ou de ácido sulfúrico. A partir desses novos objetivos em 1969 a Sidesc se transformou na Indústria Carboquímica Catarinense S.A. (ICC). Em 1982 o lavador de carvão localizado no município de Capivari de Baixo deixou de fornecer a matéria-prima para a ICC, desta forma houve a necessidade da criação de uma nova unidade. Sendo assim foi aprovada a construção da unidade de concentração de pirita situada na rodovia Jorge Lacerda no bairro Sangão, em Criciúma (atual IPARQUE). Esta, teria capacidade de produção de 60 t/h de concentrado piritoso e 367 t/h de material estéril, sendo assim sua capacidade nominal era de 440 t/h.

O auge da ICC foi durante os anos de 1982 a 1985, registrando um lucro de 16 milhões de dólares, foram os únicos anos além de 1988 que a empresa apresentou lucro. A empresa trouxe à região 620 postos de trabalho, esse número se eleva a 927 contando com empresas terceirizadas. Segundo Souza, (2007) a ICC acarretou em Imbituba a contaminação do ar com óxido de ferro e em Criciúma a contaminação da água e do solo, oriundas da lavagem do carvão, e do estoque a céu aberto de rejeito.

Conforme Moraes (2004), em 1990 a ICC entrou em processo de privatização e em 1994 as peças foram colocadas à venda junto com os equipamentos. Por não aparecerem compradores, os equipamentos foram vendidos como sucata.

3.2 CONTROLE DE QUALIDADE E TRATAMENTO DA ÁGUA

Analisando a qualidade da água na região de Criciúma e a situação dos rios que banham a cidade, há a necessidade da criação de meios de tratamento para torná-la potável. Para a realização do tratamento da água, deve-se saber as legislações que regem este setor. Da mesma forma, é necessário conhecer os aspectos que influenciam na contaminação e as etapas para o seu tratamento.

3.2.1. Qualidade da água para consumo humano

3.2.1.1 Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011

A portaria que dispõem dos procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade é a 2914 de 2011 do Ministério da Saúde. Segundo esta, a água potável é classificada como a água que atende aos padrões de potabilidade estabelecido por esta portaria.

Estabelece também as responsabilidades quanto ao abastecimento para o consumo humano, ou seja, a estação de tratamento da água deve garantir e exercer o controle da qualidade da água, mantendo esta, nos termos estabelecidos pela portaria, além de estabelecer as competências da união, dos estados e dos municípios e dos laboratórios de controle e vigilância.

Conforme estabelecido pela portaria 2914 do MS a água para consumo humano deverá possuir ausência em 100 mL da bactéria *Escherichia coli* e de coliformes totais. Para o sistema de distribuição o padrão para *Escherichia coli* não se altera, porém para os coliformes totais o valor depende do número de habitantes, caso haja mais de 20.000 habitantes a ausência de 100mL deverá estar presente em 95% das amostras do mês, já para locais com menos de 20.000, habitantes apenas uma amostra entre todas as realizadas no mês poderá estar fora do limite estabelecido.

Conforme artigo 39, o pH da água potável deverá ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5 e recomenda que a concentração de cloro residual livre seja de 2,0 mg/L sendo que o mínimo encontrado deverá ser de 0,5 mg/L.

Conforme artigo 32, que se refere ao controle do processo de desinfecção da água por meio de cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro, para este tipo de tratamento de desinfecção deverão ser obedecidos o tempo de contato e os valores de concentrações residuais na saída do tanque conforme anexos indicados na portaria. Neste será citado o tempo de contato mínimo, em minutos, a ser observado para desinfecção por meio de cloração com concentração residual livre, em mg/L, indicada conforme temperatura, em graus Celsius, e pH da água, conforme pode-se ser analisado pela Tabela 04.

Tabela 04 - Tempo mínimo para temperatura de 20°C e pH indicado

Cloro residual livre na saída do tanque (mg/L)	Valores de pH	
	7,0	7,5
≤0,4	20 min	25 min
0,6	14 min	17 min
0,8	11 min	14 min
1,0	9 min	11 min
1,2	8 min	10 min
1,4	7 min	9 min
1,6	6 min	8 min
1,8	6 min	7 min
2,0	5 min	6 min
2,2	5 min	6 min
2,4	4 min	5 min
2,6	4 min	5 min
2,8	4 min	5 min
3,0	4 min	4 min

Fonte: Anexo IV, Portaria n 2.914/2011, adaptado pelo AUTOR.

Na Tabela 05 encontram-se os padrões de potabilidade estabelecidos na portaria.

Tabela 05 – Padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914 MS.

Parâmetro	Unidade	VPM*
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia como NH ₃	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH	15
Dureza total	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Gosto e Odor	Intensidade	6
Manganês	mg/L	0,1
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Turbidez	uT	5
Zinco	mg/L	5
Rádio 226	Bq/L	1

Rádio 228	Bq/L	0,1
Arsênio	mg/L	0,01
Chumbo	mg/L	0,01
Cromo	mg/L	0,05
Níquel	mg/L	0,07
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1

*VPM = valor máximo permitido.

Fonte: Anexo X, Portaria n 2.914/2011, adaptado pelo AUTOR.

Esta resolução também determina o número de amostras a frequência com que deve ser realizada, conforme Tabela 06.

Tabela 06 – Número de amostras e frequência para controle de qualidade da água do sistema de abastecimento de água potável.

Parâmetro	Saída do Tratamento		Sistema de Distribuição (hab)					
	Nº Amostra	Frequência	Nº Amostras			Frequência		
			<50 mil	(50 a 250) mil	>250 mil	<50 mil	(50 a 250) mil	>250 mil
Cor	1	A cada 2 horas	10	1 para cada 5 mil	40 + (1 para cada 25 mil)		Mensal	
Turbidez e Cloro Residual Livre	1			Conforme § 3º do art. 41			Conforme § 3º do art. 41	
pH e fluoreto	1			Dispensada a análise			Dispensada a análise	
Gosto e odor	1	Trimestral		Dispensada a análise			Dispensada a análise	
Demais parâmetros	1	Semanal		1			Semanal	

Fonte: Anexo XII, Portaria n 2.914/2011, adaptado pelo AUTOR.

A Tabela 07 especifica a frequência e o número de análises que devem ser realizadas para os parâmetros bacteriológicos.

Tabela 07 – Número de amostras e frequência para controle de qualidade da água do sistema de abastecimento de água potável com base nos parâmetros bacteriológicos.

Parâmetro	Saída do Tratamento		Sistema de Distribuição (hab)			
	Nº Amostra	Frequência	Nº Amostras			
			<5 mil	(5 a 20) mil	(20 a 250) mil	>250 mil
Coliformes totais	2			1 para cada	30 + (1 para	105 + (1 para cada 5mil
Escherichia coli		Semanal	110	500	cada 2 mil)	hab) Máximo de 1000

Fonte: Anexo XIII, Portaria n 2.914/2011, adaptado pelo AUTOR.

3.2.2 Classificação da qualidade da água

3.2.2.1 Resolução CONAMA Nº357, de 17 de março de 2005.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução n 357/2005 vem classificar os corpos de água e as estabelecer as diretrizes para o seu enquadramento, assim como estabelecer as condições padrões de lançamento de efluentes.

As águas doces podem ser classificadas como classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Já as águas salinas e salobras são classificadas em classes especial, classe 1, 2 e 3. E são definidas conforme sua salinidade, a água doce deve apresentar salinidade igual ou inferior a 0,5%, a salobra deverá apresentar salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%, já as salinas apresentam salinidade igual ou superior a 30%. A Tabela 08 demonstra os critérios de classificação da água.

Tabela 08 – Destinação da água conforme sua classe

ÁGUA DOCE	
Classe	Destinação da água
Especial	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, À preservação dos ambientes aquáticos e unidades de conservação de proteção integral.
1	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº274, de 2000. À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem a remoção da película; e À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº274, de 2000. À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e À aquicultura e à atividade de pesca.
3	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; À pesca amadora;

- À recreação de contato secundário; e
- À dessedentação de animais
- 4** À navegação;
- À harmonia paisagista;

ÁGUAS SALINAS

Classe	Destinação da água
Especial	À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
1	À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº274, de 2000; À proteção das comunidades aquáticas; e À aquicultura e à atividade de pesca.
2	À pesca amadora; e À recreação de contato secundário;
3	À navegação; e À harmonia paisagística.

ÁGUAS SALOBRAS

Classe	Destinação da água
Especial	À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
1	À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº274, de 2000; À proteção das comunidades aquáticas; À aquicultura e à atividade de pesca; Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam irrigadas cruas sem remoção da película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
2	À pesca amadora; e À recreação de contato secundário;
3	À navegação; e À harmonia paisagista;

Fonte: CONAMA n 357, 2005.

Após os conceitos estabelecidos previamente, segue definição dos padrões de água doce conforme sua classe.

Para água doce de classe 1, algumas condições de qualidade de água devem ser observadas, como ausência de matérias flutuantes, inclusive espumas não naturais, de óleos e graxas, de corantes provenientes de fonte antrópicas, resíduos sólidos objetáveis, assim como a não verificação de efeito tóxico crônico ao

organismo. De acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido, e também para coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274/ 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Limites de DBO de 5 dias de 20°C até 3,0 mg/L O₂; de Oxigênio dissolvido, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂, turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (NTU), cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L e pH: 6,0 a 9,0

Para água doce de classe 2 as mesmas para a classe 1 com exceção dos seguintes itens:

- Não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição aos parâmetros coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- Cor verdadeira: até 75 mg Pt/L
- Turbidez: até 100 NTU;
- DBO 5 dias a 20°C até 5,0 mg/L O₂;
- Oxigênio dissolvido, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂ e clorofila até 30 µg/L;
- Densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL;

- Fósforo total: até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Os parâmetros padrões de qualidade da água para classe 1 e 2 estão definidos na Tabela 09.

Tabela 09 – Alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Resolução 357 CONAMA.

Parâmetro	Unidade	VPM
Alumínio	mg/L	0,1
Cloreto	mg/L	250
Ferro Solúvel	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500
Sulfato	mg/L	250
Zinco	mg/L	0,18
Arsênio	mg/L	0,01
Chumbo	mg/L	0,01
Cromo	mg/L	0,05
Níquel	mg/L	0,025
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Cloro Residual Total	Mg/L	0,01

Fonte: CONAMA n 357, 2005.

A água doce de classe 3 estabelece como condições padrões de qualidade da água a não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido. A ausência de materiais flutuantes inclusive espuma não naturais, assim com a ausência de óleos e graxas e substâncias que comuniquem gosto ou odor. Não será permitida

a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais, e padrões de turbidez até 100 NTU, cor verdadeira até 75 mg Pt/L e pH: 6,0 a 9,0.

Para água doce classe 4 observa-se as seguintes condições padrões: ausência de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais. Odor e aspecto não objetável. Toleram-se iridescências referentes a óleos e graxas. Ausência de substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação. Oxigênio dissolvido superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e pH: 6,0 a 9,0.

3.2.2.1.1 Complemento e alteração da resolução CONAMA 357/2005

A Resolução CONAMA Nº430, de 13 de maio de 2011 tem por objetivo determinar as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de complementar e alterar a resolução CONAMA n 357.

A resolução define que os afluentes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados diretamente no corpo receptor se obedecerem aos aspectos listados na Tabela 10, que contempla os principais parâmetros para o lançamento de efluentes.

Tabela 10 – Principais parâmetros para o lançamento de efluente.

Parâmetro	Intervalo ou VPM
pH	5 a 9
Temperatura	Inferior a 40 °C
Materiais sedimentáveis	1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff
Ferro dissolvido	15 mg/L
Manganês dissolvido	1,0 mg/L
Sulfeto	1,0 mg/L

FONTE: CONAMA n 430, 2011.

3.2.3 Normas técnicas aplicadas a projetos

3.2.3.1. NBR 12216 ABNT – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público

Esta norma tem por finalidade fixar as condições exigidas na elaboração de projeto de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) destinada à produção de água potável para abastecimento público.

Ao aplicar a norma é necessário consultar também as NBR 12211 e 12213 nas quais são especificados os critérios de estudo da concepção do sistema público de abastecimento e do projeto do sistema de captação de água da superfície para abastecimento público.

Além dessas, deve-se obedecer às seguintes normas:

- NBR - 12212 - Poço Tubular - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea.
- NBR - 12214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.
- NBR - 12215 - Projeto de adutora de água para abastecimento público.
- NBR - 12217 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
- NBR - 12218 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.
- NBR - 12 586 - Cadastro de sistema de abastecimento de água.

3.2.4 Aspectos que influenciam na qualidade da água

Segundo Richter e Azevedo Netto (1991) a água é um líquido incolor, inodoro, insípido e transparente, porém por ser um ótimo solvente a água nunca é encontrada em seu estado puro, estima-se que dos 103 elementos químicos conhecidos, a maioria é encontrada de formas distintas na água.

3.2.4.1 Aspectos físicos

As características físicas são as que são sentidas pelos homens através de seus sentidos. São características de baixa importância sanitária e de fácil determinação. (MACÊDO, 2001; RICHTER., AZEVEDO NETTO. 1991).

3.2.4.1.1 *Temperatura*

Os processos biológicos, as reações químicas e bioquímicas, a solubilidade e dos sais minerais são influenciados pela temperatura do meio. Com o aumento da temperatura a solubilidade dos gases diminui e a dos sais minerais aumentam. A faixa de temperatura ideal para suprimento público é de 4,4 a 10°C, a cada elevação de 10°C a água fica menos agradável ao paladar. (MACÊDO, 2001).

3.2.4.1.2 *Turbidez*

A turbidez da água é atribuída, principalmente, a presença de sólidos em suspensão. Estas partículas acarretam na diminuição da claridade da água reduzindo assim a transmissão da luz no meio. A turbidez pode ser provocada pela presença de plânctons, algas, detritos orgânicos, areias, zinco, ferro e compostos de manganês. (BATTALHA, PARLATORE, 1997).

Segundo Battalha e Parlato (1997), a turbidez na água pode reduzir a eficiência da cloração devido a proteção física dos microrganismos do contato direto com desinfetantes. Richter e Azevedo Netto (1991) ainda afirmam que quanto menor a turbidez da água, melhor é a ação dos desinfetantes.

3.2.4.1.3 *Cor*

A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão alteram a cor da água. Geralmente a cor da água é oriunda da decomposição de vegetais, no entanto a combinação dessa decomposição com ferro aumenta a intensidade da cor na água. (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Além do processo de decomposição, a presença de alguns íons metálicos, como ferro e manganês, e de despejos industriais. (BATTALHA; PARLATORE, 1997).

A diferença de cor aparente e cor verdadeira está no tamanho da partícula, partículas com diâmetro superior a 1,2 μm causam turbidez, e as que apresentam diâmetro menor, que são classificadas como coloides e substâncias dissolvidas causam cor verdadeira. (MACÊDO, 2001).

3.2.4.1.4 Gosto e odor

“Odor e sabor são os meios primários pelos quais se determina o uso ou a aceitabilidade da água”. (BATTALHA, PARLATORE, 1997 p. 66).

As características de sabor e odor são geralmente analisadas em conjunto, pois a sensação do sabor origina o odor. Sua presença na água está ligada a impurezas dissolvidas na água, geralmente de natureza orgânica, resíduos indústrias e gases dissolvidos. Para minimizar este problema na água, a aeração é indicada. (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

3.2.4.1.5 Condutividade

“A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. ” ((RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991 p. 30).

3.2.4.1.6 Sólidos

A carga de sólidos presente nos recursos hídricos é na verdade todas as impurezas presentes na água com exceção dos gases dissolvidos. Estes são classificados devido ao seu tamanho e por suas características químicas. Os sólidos dissolvidos possuem tamanho de partícula na faixa de 10^{-5} a $10^{-3}\mu\text{m}$, já os sólidos coloidais estão entre 10^{-3} a $10^0\mu\text{m}$, enquanto os sólidos em suspensão apresentam tamanho de partícula entre 10^0 a $10^3 \mu\text{m}$. (MACÊDO, 2001).

3.2.4.2 Aspectos químicos

Os aspectos químicos são de grande importância para o âmbito sanitário e econômico, sendo os parâmetros mais importantes a serem analisados, pois através destes é possível a determinação e quantificação de contaminantes assim como avaliar o equilíbrio bioquímico afim da manutenção da vida aquática. (MACÊDO, 2001; RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

3.2.4.2.1 Acidez e alcalinidade

A importância do controle da alcalinidade não está diretamente vinculada a qualidade da água, porém, o seu grau deve ser controlado para evitar problemas de corrosão na rede de distribuição. Estes problemas podem acarretar na contaminação da água devido a presença de alguns componentes como ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio. A alcalinidade, no entanto, afeta na ação dos coagulantes, desta forma o processo de tratamento da água é afetado. (MACEDO, 2001).

A alcalinidade ocorre devido a presença de bicarbonatos, carbonatos ou hidróxidos, no entanto somente dois tipos de alcalinidade podem ser encontrados de forma simultânea em uma amostra de água. (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

As águas naturais possuem valores de pH variando de 5 a 9. (BATTALHA, PARLATORE, 1997).

Apesar de pH, alcalinidade e acidez não representarem a mesma coisa elas podem ser relacionadas, como indica a Tabela 11, a seguir.

Tabela 11 – Relação entre pH e as diversas formas de alcalinidade.

Faixa de pH	Alcalinidade
> 9,4	Hidróxidos e Carbonatos
8,3-9,4	Carbonatos e Bicarbonatos
4,4-8,3	Bicarbonatos

Fonte: MACÊDO, 2001.

3.2.4.2.2 Agentes tenso-ativos

São compostos orgânicos sintéticos que possuem alta afinidade residual em uma parte e baixa afinidade em outra. Podem ser classificados como iônicos (aniônicos ou catiônicos) e não iônicos e são amplamente utilizados em indústrias de detergentes domiciliares. (BATTALHA, PARLATORE, 1997).

Os maiores problemas gerados pelo seu excesso de uso são:

- a. Formação de espuma;
- b. Afetam o gosto e o sabor da água;
- c. Algumas etapas de tratamento como a coagulação, a decantação e a filtração se tornam mais difíceis;
- d. São tóxicos aos peixes;
- e. Aumenta o teor de fósforo na água.

Este tipo de substância reduz a tensão superficial da água pois apresentam na molécula uma parte solúvel e outra não, e em sua maioria possuem baixo teor de biodegradabilidade devido a sua cadeia ramificada. (BATTALHA, PARLATORE, 1997).

Porém, atualmente o tenso-ativo mais utilizado na produção de detergente domiciliar é o alquil benzeno sulfonato de sódio linear. Este tenso-ativo é biodegradável. Este componente é considerado de baixa toxicidade ao homem, possuindo limite de 700 mg/L, no entanto, o limite para os peixes é de 1,0 mg/L. (MACÊDO, 2001).

3.2.4.2.3 Arsênio

Sua presença natural em água é principalmente nas subterrâneas e em algumas superficiais. As águas moles, ricas em bicarbonato de sódio, que apresentam maior concentração de arsênio. O uso de inseticidas e herbicidas, as atividades relacionadas com mineração e o uso industrial de certos tipos de vidros e corantes contribuem para a elevação da presença deste composto nos recursos hídricos. (BATTALHA, PARLATORE, 1997; MACÊDO, 2001).

A toxicidade do arsênio é bem conhecida, sendo que a ingestão de 100 mg envenena seriamente o organismo e seus efeitos são acumulativos. (MACÊDO, 2001).

3.2.4.2.4 Dureza

A dureza da água é expressa em mg de CaCO_3/L , e ela pode ser classificada conforme os níveis de dureza conforme Tabela 12. (MACEDO, 2001).

Tabela 12 – Classificação da água conforme níveis de dureza

Águas Moles	<50 mg CaCO_3/L
Águas de dureza moderada	Entre 50 e 150 mg CaCO_3/L
Águas duras	Entre 150 e 300 CaCO_3/L
Águas muita dura	>300 mg CaCO_3/L

Fonte: RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991.

Sais de cálcio e de magnésio dão origem a dureza na água. A ocorrência da dureza afeta principalmente as indústrias e geram incrustações nas tubulações. Em determinadas atividades, como água para caldeira, deve se ter um tratamento especial para o problema de dureza na água. (MACEDO. 2001).

3.2.4.2.5 Cloretos, Sulfatos e Sólidos Totais

A presença de sais dissolvidos na água, trazem sabor salino e podem causar diarreia em seus consumidores; tais sais são os bicarbonatos, cloretos sulfatos entre outros. (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

3.2.4.2.6 Flúor

Na natureza, dificilmente encontramos níveis altos de flúor, o normal está na faixa de 1,0 mg de F⁻/L. (MACEDO, 2001).

Através de estudos realizados por especialistas na área, a adição de fluoreto sistemático na água gera a redução de cáries dentárias. Para determinação da quantidade de flúor na água utiliza-se a equação 01. (MACEDO, 2001).

$$\text{Teor ideal de fluoreto} = \frac{22,2}{10,3 + 0,725 * \text{temp. média das máximas anuais}} \quad \text{Eq. 01}$$

3.2.4.2.7 Ferro e Manganês

O ferro está geralmente associado ao manganês e ambos deixam a água com sabor amargo e coloração amarelada e turva. Os sais de ferro são bastante solúveis e facilmente oxidados formando hidróxidos férricos que tendem a flocular e decantar. (MACEDO, 2001).

3.2.4.2.8 Nitritos e Nitratos

O nitrogênio pode estar presente em recursos hídricos na forma de nitrato, nitrito, amônia, nitrogênio molecular e nitrogênio orgânico. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal caracterizam descarga de esgoto recente. (MACEDO, 2001).

3.2.5 Tratamento convencional para obtenção de água potável

Para obtenção de água potável, pelo método de tratamento convencional, é necessário a utilização de processos químicos e físicos para adequação das características da água aos padrões de potabilidade. Tais processos englobam o gradeamento, a clarificação, a filtração, a desinfecção e a fluoretação da água.

3.2.5.1 Gradeamento

Segundo Macêdo (2001), o tratamento de água sempre se inicia com a remoção dos materiais que flutuam ou estão suspensos com o uso de grades ou telas. Sendo assim inserimos grades e telas a fim de remover os sólidos grosseiros em

suspensão e corpos flutuantes, tendo como finalidade a proteção da tubulação, registros e bombas utilizados no transporte da água até a estação de tratamento.

Podem ser classificadas em grades ou telas dependendo do seu tamanho. As grades são divididas em grosseiras, médias e finas. As grades grosseiras apresentam espaçamento de 4 a 10 cm, as médias possuem espaçamento de 2,5 cm e as finas de 1,0 a 2,0 cm, já as telas devem possuir área limpa em torno de 0,30 a 0,80 cm². Utiliza-se também telas de malha larga com cerca de 6 cm² de área livre, estas ficam localizadas na entrada da estação de tratamento e devem ser limpas uma vez na semana. (MACEDO, 2001).

3.2.5.2 Clarificação da água

Os sólidos em suspensão são removidos por sedimentação simples ou por coagulação. Microrganismos também são removidos nesse método, porém não eliminam o processo de desinfecção. (MACEDO, 2001).

A sedimentação simples ocorre de maneira natural, em lagos e represas, mas é considerado um processo preliminar com a finalidade de aliviar a carga para as etapas subsequentes. Neste a velocidade de sedimentação é proporcional ao peso e tamanho da partícula, conforme pode ser visualizado na Tabela 13 que decantam por ação da gravidade em determinada velocidade, para melhor decantação o ideal seria ter uma velocidade de escoamento menor pois neste caso a velocidade de sedimentação é maior. Este tipo de sedimentação é indicado para partículas maiores de 10 microns além de não remover cor da água. (MACEDO, 2001).

Tabela 13 – Velocidade de sedimentação das partículas em função do tamanho.

Tamanho da partícula (μm)	Velocidade de sedimentação (m/h)
1000	600
100	2
10	0,3
1	0,003
0,1	0,00001
0,01	0,0000002

Fonte: MACEDO, 2001.

O processo de clarificação da água com uso de coagulação consiste na ação de coagulantes com a finalidade de reduzirem as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão. Os principais agentes coagulantes são o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), caparrosa clorada ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{FeCl}_3$), cloreto férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e aluminato de sódio (NaAl_2O_4). Cada coagulante age de forma ideal em intervalos de pH específicos, como pode ser visualizado na Tabela 14. (MACÊDO, 2001; RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Tabela 14 – Coagulantes e faixas de pH ideias.

Coagulante	pH
Sulfato de Alumínio	6 a 8
Sulfato Ferroso	8,5 a 11
Sulfato Férrico	5 a 11
Caparrosa Clorada	5 a 9
Cloreto Férrico	6 a 9
Aluminato de Sódio	6,0 a 8,5

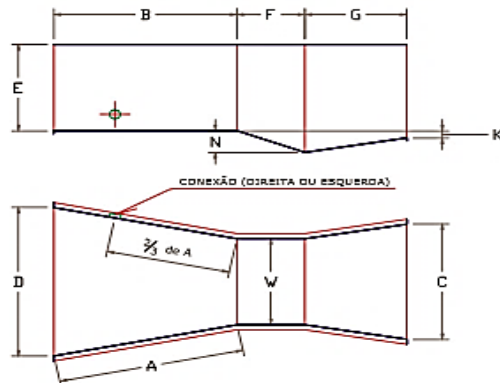
Fonte: MACEDO, 2001.

O coagulante deve ser adicionado à água em um tanque em que ocorra uma mistura rápida entre ele e a água; desta forma assegura-se a homogeneidade na coagulação. Vários tipos de unidades de mistura rápida são empregados no processo como, por exemplo, ressaltos hidráulicos, mecanizado ou difusores.

Um tipo de ressalto hidráulico amplamente empregado é o medidor Parshall, ou calha Parshall, este equipamento consiste em uma seção convergente, uma estrangulada ou garganta, e uma convergente. A figura 03 demonstra o modelo e o dimensionamento em centímetros de uma calha Parshall. (OLIVEIRA, 2014).

Figura 03 – Dimensões padronizadas de medidores Parshall.

DIMENSÕES PADRONIZADAS DE CALHA PARSHALL



W		A	B	C	D	E	F	G	K	N	Q= m³/h	
Poleg	mm										min.	máx.
1	25	363	356	93	168	350	76	203	19	29	-	-
3	76	466	457	178	259	610	152	305	25	57	2,9	194
6	152	620	610	394	403	610	305	610	76	114	5,4	397
9	229	880	864	380	575	762	305	457	76	114	9,0	902
12	305	1372	1344	610	845	914	610	915	76	229	12,6	1.644
18	457	1449	1420	762	1026	914	610	915	76	229	17,3	2.503
24	610	1525	1496	915	1207	914	610	915	76	229	42,1	3.372
36	915	1677	1645	1220	1572	914	610	915	76	229	61,6	5.135
48	1220	1830	1795	1525	1938	914	610	915	76	229	136,1	6.921
60	1525	1983	1941	1830	2303	914	610	915	76	229	167,8	8.724
72	1830	2135	2090	2135	2667	914	610	915	76	229	262,4	10.541
84	2135	2288	2240	2440	3030	914	610	915	76	229	303,5	12.370
96	2440	2440	2392	2745	3400	914	610	915	76	229	344,2	14.210
108	3050	2745	2470	3660	4759	1220	915	1830	153	343	-	-

Fonte: DOMOGLASS, 2016.

Após a mistura do coagulante, a velocidade da água deve ser bruscamente diminuída, afim de preservar os flocos formados. Desta forma é necessário um tanque de mistura lenta, que pode ser hidráulico ou mecânico. Os flocladores hidráulicos ou tanques de mistura lenta são qualquer dispositivo que utilize energia hidráulica dissipada em forma de perda de carga no fluxo de água. O floclador com chicanas, pertencente a este segmento, é o mais utilizado. (LEME, 1990; RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Algumas premissas devem ser respeitadas ao projetar este tipo de tanque, entre elas pode-se citar:

- Períodos de detenção: de 10 a 50 min, sendo mais comum o uso de 20 a 40 min;
- Velocidade de escoamento: de 0,30 m/s no início da floclação e 0,10 m/s no final;

- Espaçamento entre chicanas (e): deve ser de no mínimo 0,45 m em câmaras de concreto armado, a fim de facilitar a limpeza manual. Espaçamento menor que 0,45 m podem ser utilizados quando se emprega chicanas removíveis ou quando apresentam limpeza hidráulica;
- Espaçamento livre deixado pela chicana deve ser igual a 1,5 vezes o espaço entre as chicanas;

Conforme Leme (1990), para o dimensionamento dos floculadores são utilizadas as equações de 02 a 13. Primeiramente obtém-se o volume (V) em metros cúbicos a partir da equação 02.

$$V = Q.T \quad \text{Eq. 02}$$

Na qual Q é a vazão de escoamento (m³/s) e T o tempo (s).

Para o cálculo de seção de escoamento da água (S) emprega-se as equações 03 que é a razão entre a vazão e a velocidade, ou a equação 04.

$$S = \frac{Q}{v} \quad \text{Eq. 03}$$

$$S = h.e \quad \text{Eq. 04}$$

Nesta última, 'h' é a profundidade do tanque (m) e 'e' a largura do compartimento (m).

O percurso médio (L), que é o caminho médio percorrido pela água através das chicanas, é o produto da velocidade de escoamento (v) e o tempo de residência (T), conforme mostrado na equação 05.

$$L = v.T \quad \text{Eq. 05}$$

Para determinar o número de chicanas (n') necessárias primeiramente calcula-se o seu comprimento útil (L_μ), o mesmo é obtido através da equação 06. A razão entre o percurso médio e o comprimento útil resulta no número de chicanas do tanque, expressa na equação 07.

$$L_{\mu} = 1 - 1,5.e \quad \text{Eq. 06}$$

$$n' = \frac{L}{L_{\mu}} \quad \text{Eq. 07}$$

A perda de carga no tanque (h_f) pode ser determinada através da soma da perda de carga por volta, ao longo da chicana (h_1) e a perda de carga por atrito durante o escoamento (h_2) ambos em metros. As perdas de carga, h_1 e h_2 , são calculadas conforme as equações 09 e 10.

$$h_f = h_1 + h_2 \quad \text{Eq. 08}$$

$$h_1 = 3 \frac{v^2}{2g} \quad \text{Eq. 09}$$

$$h_2 = L.I \quad \text{Eq. 10}$$

Nas quais g é a aceleração da gravidade e I é a perda de carga por metro de comprimento do canal, este último pode ser encontrado através da equação 11.

$$I = \frac{n^2.v^2}{R^{\frac{3}{4}}} \quad \text{Eq. 11}$$

Determina-se o raio hidráulico (R) da seção de escoamento a partir da equação 12, que relaciona a altura do tanque (h) e o espaçamento entre as chicanas (e).

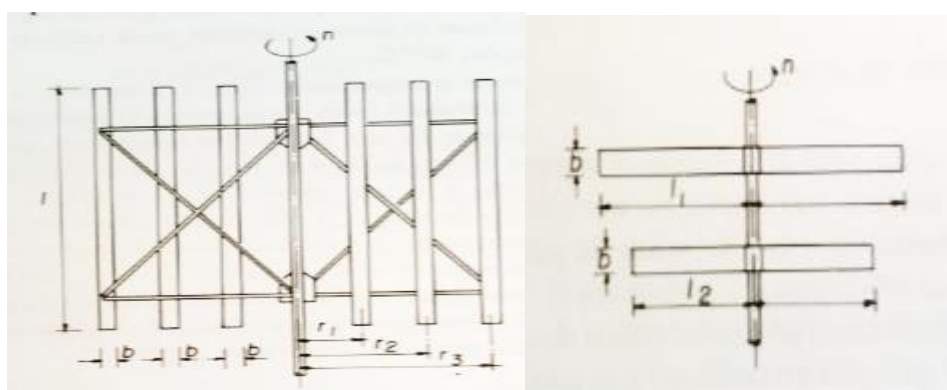
$$R = \frac{h.e}{2h + e} \quad \text{Eq. 12}$$

Por fim, determina-se o gradiente de velocidade (G) em função da altura do tanque, do tempo de residência e da viscosidade (μ) da água apresentadas na equação 13.

$$G = \sqrt{\frac{100.h}{T.\mu}} \quad \text{Eq. 13}$$

Conforme mencionado, além dos flocculadores hidráulicos podem ser utilizados no processo os flocculadores mecânicos. Dentre estes os mais utilizados são os de movimento giratório com paletas paralelas ou perpendiculares ao eixo, conforme representados na figura 04. Este tipo de tanque evita a presença de poços secos e quando bem dimensionados possuem uma boa durabilidade. (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Figura 04 – Flocculador mecânico giratório com paletas perpendiculares e paralelas ao eixo.



Fonte: RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991. Adp.

De acordo com Leme (1990) as premissas para o dimensionamento deste tanque são:

- A velocidade de agitação e o tempo de residência deste tanque são obtidas experimentalmente através do teste de jarros.
- Para obtenção de melhores resultados, a intensidade da mistura G , não deverá passar o gradiente máximo de intensidade. Testes anteriores indicam que deve ser mantido entre 7 e 100 s^{-1} .
- Devido a água bruta apresentar mudanças nas suas características, se torna necessário a realização do teste de jarros periodicamente para melhorar a dosagem do coagulante, assim como determinar a rotação das pás, obedecendo os limites adotados de velocidade de fluido de 0,6 m/s para flocos de baixa resistência e 0,90 m/s para flocos com alta resistência.

O gradiente de velocidade (G) representa a principal equação do dimensionamento deste equipamento, e pode ser calculada pela equação 14.

$$G = \sqrt{\frac{P}{V \cdot \mu}} \quad \text{Eq. 14}$$

Onde (P) é a potência dissipada por unidade de volume.

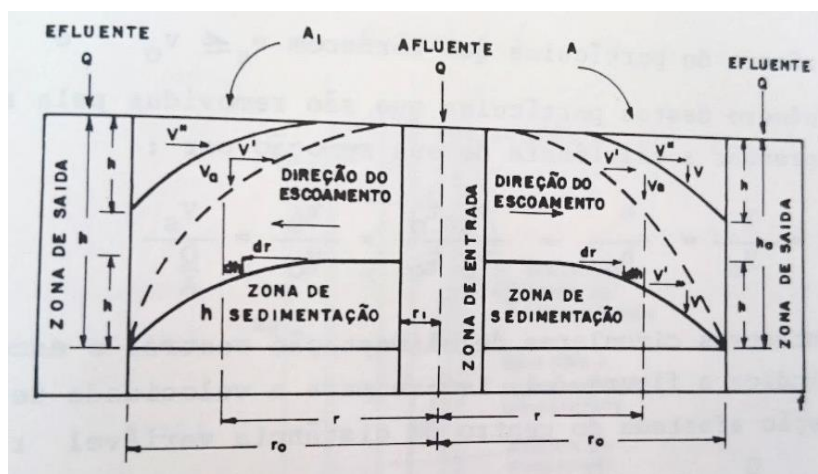
A próxima etapa de clarificação é a decantação dos flocos gerados através da sedimentação. Para fins de estudo pode-se dizer que um decantador é dividido em quatro zonas hipotéticas, a zona de entrada, saída, lodo e de sedimentação representadas nas figuras 05 e 06. A zona de entrada é definida como a zona em que ocorre uma transição calma do afluente para a zona de sedimentação, nesta calcula-se o volume do tanque necessário para sedimentação. Nesta última não deve haver influência de outros campos, o lodo gerado fica na zona de lodo e a água sobrenadante sairá do decantador através da zona de saída. (LEME, 1990).

Figura 05 – Seção vertical – longitudinal do decantador retangular



Fonte: LEME, 1990.

Figura 06 – Seção vertical – longitudinal do decantador circular.



Fonte: LEME, 1990.

Os decantadores tubulares ou de alta taxa são o aperfeiçoamento dos decantadores de fundo múltiplo. Com base na teoria de decantação, que diz que a ação de um tanque de sedimentação depende da sua área e não da sua profundidade, adiciona-se lamelas nos decantadores para ampliar a área de decantação. A Tabela 15 representa os critérios básicos para este tipo de decantador, ressaltando que decantadores com velocidade longitudinal máxima de 0,75 cm/s necessitam de remoção contínua de lodo.

Tabela 15 – Critérios básicos para o dimensionamento de decantadores de fluxo horizontal convencionais.

Característica da Instalação	Controle Operacional	Taxa de escoamento superficial (m ³ /m ² .dia)	Velocidade longitudinal máxima (cm/s)	Tempo de detenção (h)
Pequena	Precário	20 – 30	0,4 – 0,6	3 – 4
Pequena	Razoável	30 – 40	0,6 – 0,8	2,5 – 3,5
Pequena	Bom	35 – 45	0,7 – 0,9	2 – 3
Grande com uso de auxiliares de coagulação	Excelente	40 – 60	0,6 – 1,25	1,5 – 2,5

Fonte: RICHTER; AZEVEDO NETTO, adaptada pelo AUTOR, 1991.

3.2.5.3 Filtros

Conforme Leme (1990), a filtração é uma operação de separação de matéria em suspensão que existe na água. Para Macêdo (2001), a filtração consiste na remoção de partículas através da passagem destas por um meio poroso.

Os filtros podem ser classificados de acordo com o tipo de material filtrante, sentido de escoamento, velocidade de filtração e por fim da carga existente sobre o leito. A Tabela 16 relaciona a classificação do filtro mediante sua velocidade de filtração. (LEME, 1990).

Tabela 16 – Classificação dos filtros conforme velocidade de filtração.

Velocidade de filtração	Sentido do fluxo	Meio filtrante	Carga sobre o leito
Rápido (>180 m³/m²/dia)	Descendente	Camada simples Camada múltipla	Por gravidade
	Ascendente Fluxo misto	Camada simples	Por pressão
Lento (3 a 14 m³/m²/dia)	Descendente	Camada simples	Por gravidade
	Ascendente		

Fonte: MACEDO, 2001.

Conforme os autores Richter e Azevedo Netto (1991), a ABNT 12216 especifica que a taxa de filtração limite deve ser próximo de 180 m³/m²dia para filtro de camada simples e de 360 m³/m²dia para filtros de camada dupla. Geralmente um filtro de camada simples possui área inferior a 70 m² ao passo que o duplo possui área superior a 40 m².

Ainda conforme os autores Richter e Azevedo Netto (1991), as premissas do projeto do filtro:

- Caixa de filtragem: profundidade mínima de 2,5 m.;
- Camada de cascalho/brita que contém o sistema de drenos é de 0,375 a 0,60 m;
- Altura do meio filtrante composto de areia deve ser de 0,60 a 0,80 m;
- Altura do meio filtrante composto de pedregulho deve ser de 0,30 a 0,55 m;
- Altura livre adicional de 0,25 a 0,40 m;

- Altura de água sobre o meio filtrante quando filtro de areia é de 1,40 a 1,80 m; e,
- Altura de água sobre o meio filtrante quando filtro de antracito e areia é de 1,80 a 2,40 m.

3.2.5.4. Desinfecção

Esta etapa é fundamental para manter a qualidade sanitária da água, pois a desinfecção tem o objetivo de destruir os microrganismos patogênicos presentes na água. Deve ser logo após a filtração, pois a mesma não é capaz de remover todos os microrganismos presentes na água. (MACÊDO, 2001; RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Para tal existem dois processos o físico, onde são usados o calor e a radiação ultravioleta, e o químico com adição de ozônio ou derivado de clorados. O método mais barato e comum é a utilização de derivados de cloro, que pode ser, gás cloro, hipoclorito de cálcio ou de sódio, cloraminas orgânicas e dióxido de cloro. Os processos com compostos clorados tendem a ser mais efetivos com pH baixos, pois ocorre a predominância do ácido hipocloroso, que controla a ação oxidante e sanificante do cloro. (MACEDO, 2001).

Conforme os autores Richter e Azevedo Netto (1991), a cloração além do objetivo de remover os microrganismos patogênicos ainda auxilia na remoção de ferro, manganês, de sulfeto de hidrogênio que resultam na diminuição do sabor e odor da água.

3.2.5.5. Fluoretação

Esta etapa não é considerado um tratamento, e sim uma complementação. Para realização de tal, algumas substâncias são comumente utilizadas como o fluorita ou fluoreto de cálcio, ácido fluorsilícico, fluoreto de sódio, fluorsilicato de amônio e o fluorsilicato de sódio. (MACEDO, 2001).

3.2.5.6. Polimento

Após as etapas de tratamento convencional, onde são removidos os materiais em suspensão e oleaginosas, a água fica praticamente isenta de sólidos em suspensão. No entanto, o tratamento convencional não remove todos os compostos químicos presentes na água, como sais, ácidos e alguns metais que em determinadas quantidades podem trazer gosto, odor, dureza entre outros fatores não desejáveis à água. Os sais e os ácidos se dissociam em contato com a água formando partículas menores, eletricamente carregadas, chamada de íons, e para remoção desses íons da água utiliza-se o método de desmineralização. Desta forma é possível determinar a efetividade de um desmineralizador medindo apenas a condutividade da água após passar pelo equipamento, pois com a retirada dos íons, a água tende a ter o seu valor de condutividade elétrica reduzido. (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2009; H2LIFE, 2016).

Através deste tratamento, denominado de desmineralização, é possível a remoção de íons catiônicos (Ca, Mg, Na) por íons de hidrogênio, e dos íons aniônicos (Cloretos, Sulfatos, Carbonatos, Nitratos) por íons hidroxila. Resumidamente, a desmineralização é um processo em que se remove os sais minerais da água mediante troca iônica, sendo assim somente as substâncias que se ionizam na água podem ser removidas. (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2009; H2LIFE, 2016).

As resinas podem ser regeneradas para maior duração do equipamento. A regeneração da resina catiônica ocorre através da inserção de ácido clorídrico na coluna com fluxo contracorrente, já a resina aniônica a regeneração é feita pela adição de hidróxido de sódio. (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2009).

3.2.5.7. Características de águas de drenagem ácida de mina

A drenagem ácida de minas (DAM) é caracterizada pela presença de metais tóxicos, geradas por minerais sulfatados, que trazem à água valores de pH típicos de 2 a 4. O tratamento químico convencional de drenagem ácida de mina (DAM) inclui processos de neutralização da acidez da água através da utilização de agente alcalinos, esses agentes ainda influenciam na precipitação de íons metálicos

da água. Os principais reagentes utilizados no tratamento da DAM são o calcário, a cal hidratada, cal virgem, barrilha, soda caustica e amônia. (POSSA; SANTOS, 2003).

A precipitação ocorre devido ao fornecimento de íons hidroxila à água para que em contato com os metais formem hidróxidos metálicos insolúveis que precipitam. Na maioria dos metais esta precipitação ocorre quando o pH da água varia de 6 a 9, como iremos utilizar esta água para consumo optou-se por neutralizar até que a água atinja pH 7,5 ou valores dentro do intervalo de 7 a 8. (POSSA; SANTOS, 2003).

3.2.6 Ensaio de bancada.

O teste de jarros é um ensaio realizado em bancada que reproduz as condições do processo de coagulação e floculação de uma estação de tratamento de água. Com auxílio deste equipamento, torna-se possível a determinação a velocidade ideal de rotação das pás para melhor formação dos flocos, assim como, determinar se a floculação resultou em aspectos desejáveis para turbidez e cor, ainda podendo ser realizado em testes de eficiência de reagentes a serem empregados no processo de tratamento.

O equipamento consiste em três jarros com pás capazes de operar com velocidade variável, em cada jarro é adicionado o líquido que irá ser tratado.

4 METODOLOGIA

Para realizar a análise de viabilidade do tratamento da água do rio Sangão foi realizado um estudo de caso que prevê o aproveitamento da estrutura remanescente da indústria ICC, atualmente sede do IPARQUE (UNESC). A figura 07 ilustra as instalações de tanques (decantadores), reservatórios e edificações que abrigavam a casa de química e bombeamento, atualmente desativadas, mas potencialmente disponíveis para o uso no presente estudo.

Figura 07 – Estrutura remanescente da indústria ICC.



Fonte: FREITAS, 2016.

4.1 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO

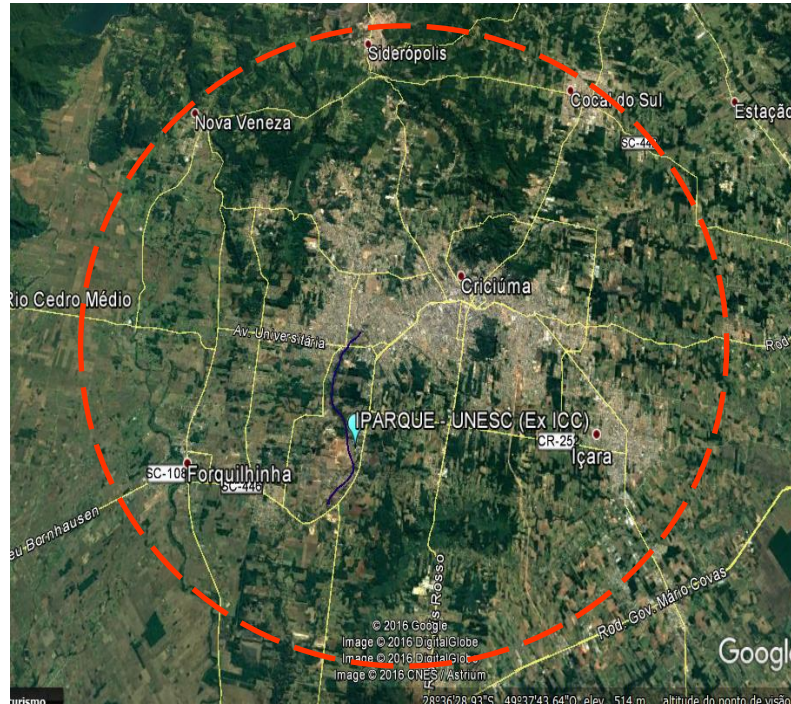
Procedeu-se a seleção das opções de pontos de captação através da análise de critérios que levaram em consideração o nível de tratamento exigido. Este foi realizado em laboratório seguindo o fluxograma da figura 12. Para realização dos ensaios adotou-se os procedimentos a seguir.

4.1.1 Seleção dos potenciais pontos de captação

Para subsidiar a seleção dos potenciais pontos de captação adotou-se a área de influência do IPARQUE, e as contribuições dos lançamentos ao longo do trajeto do rio considerando um ponto a montante, um na área e outro a jusante da área.

A figura 08 mostra a área onde deve-se considerar as contribuições de lançamento ao longo do trajeto do rio, considerando um raio de 14 km com base no centro da área, onde está localizado o IPARQUE.

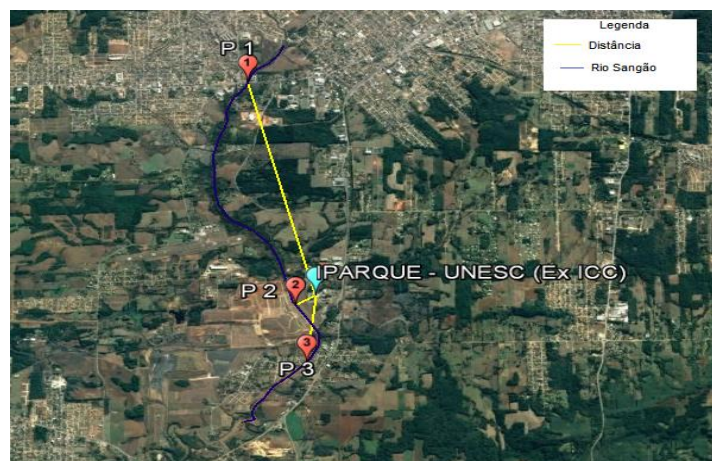
Figura 08 – Área de influência adotada.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo AUTOR, 2016.

Os pontos que fazem parte das alternativas para captação estão apresentados na figura 09

Figura 09 – Localização dos pontos escolhidos.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo AUTOR, 2016.

Observa-se que o ponto 1 sofre influência, principalmente, da atividade de mineração de carvão e seus passivos oriundas da extração de carvão da Ex Patrimônio localizada no município de Siderópolis. O ponto 2 está localizado próximo ao IPARQUE e adicionalmente recebe o efluente de esgoto tratado pela CASAN e os não tratados dos bairros sobre a influência da área de estudo. O ponto 3 localiza-se a jusante da área do IPARQUE e recebe contribuição do antigo depósito de rejeitos piritosos da Ex ICC.

A Tabela 17 mostra a localização dos possíveis pontos de captação, assim como a distância com relação aos tanques localizados no IPARQUE e a facilidade de captação da água em cada ponto, considerando que a presença de residências dificulta a captação, da mesma forma que a mata ciliar.

Tabela 17 – Descrição dos pontos.

Parâmetro	Ponto 1 (P1)	Ponto 2 (P2)	Ponto 3 (P3)
Localização Geográfica	Lat. 28°42'5.68"S Long. 49°25'3.11"O	Lat. 28°43'59.95"S Long. 49°24'35.99"O	Lat. 28°44'28.76"S Long. 49°24'29.66"O
Endereço	Ponte da Avenida Universitária	Fundos IPARQUE – UNESC.	Ponte que liga as ruas 208 com a Pascoal Borsatto
Distância da IPARQUE	3,48 km	0,29 km	1,0 km
Facilidade de Captação	Médio	Fácil	Difícil

FONTE: AUTOR, 2016.

A figura 10 demonstra os pontos de possível captação.

Figura 10 – Imagem ilustrativa dos pontos de possível captação.

Ponto 1



Ponto 2



Ponto 3



Fonte: AUTOR, 2016.

A vazão do rio Sangão, após os possíveis pontos de captação, com base em um estudo realizado por quatro anos, é de 2,37 m³/s em tempos de cheia, 1,03 m³/s em tempos de estiagem e o valor máximo encontrado neste período de avaliação foi de 5,3 m³/s. (ALEXANDRE, 2000).

4.1.2 Caracterização dos pontos selecionados

Para caracterização da água adotou-se o seguinte procedimento. Utilizou-se baldes de PEAD com capacidade de 10 Litros, galões vazios de 5 Litros de capacidade e uma corda. Realizou-se a captação da água do rio amarrando a corda na alça do balde e imergindo-o na água até atingir volume suficiente para preencher os galões, que foram etiquetados e acondicionados.

A figura 11 mostra a água coleta do rio Sangão para caracterização dos pontos.

Figura 11 – Galões com água do Rio Sangão.



Fonte: AUTOR, 2016.

Ao término da coleta uma fração da água bruta coletada em cada ponto foi encaminhada ao laboratório de análise de água do IPARQUE para realização das análises de caracterização. A Tabela 18 especifica os parâmetros solicitados bem como o método para realização das análises.

Tabela 18 – Parâmetros solicitados e metodologia.

Parâmetro	Metodologia
Sólidos totais	SMEWW – Method 2540 B (Gravimétrico)
Sulfatos	EPA 300.1 / SMEWW – Method 4110 B (Cromatografia Iônica)
Turbidez	SMEWW – Method 2130 B (Nefelométrico)
Ferro Total	SMEWW – Method 3110 B (AAS/Chama)
NMP Coliformes totais	Standart Methods for the examination of Water and Wastewater. 9221 B ed. 2012.

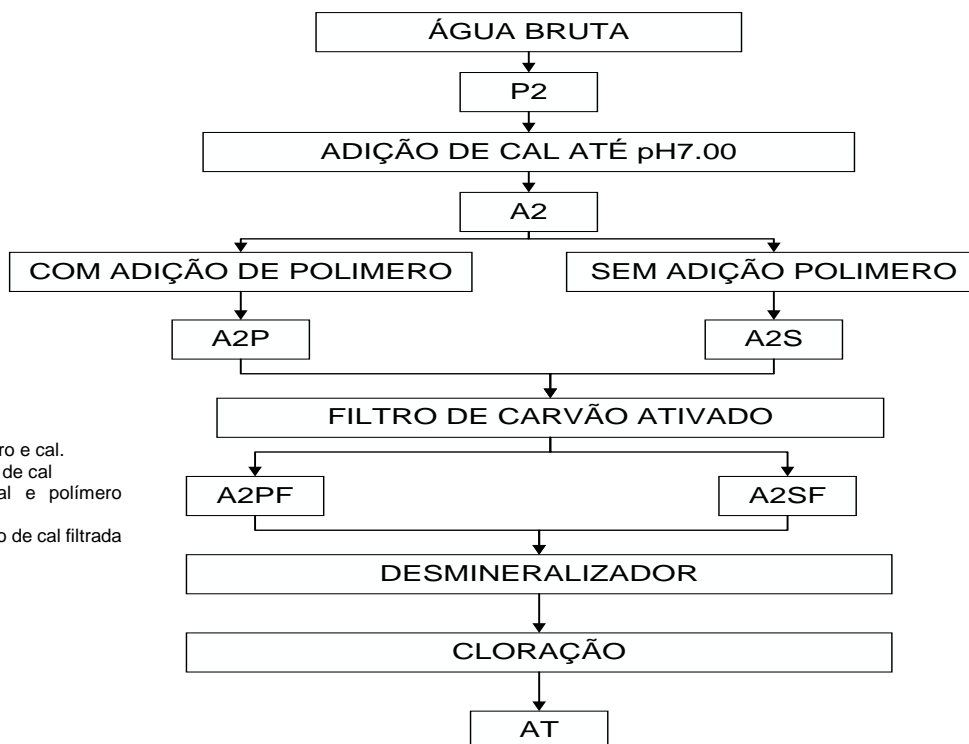
Fonte: IPARQUE, 2016.

A medida do pH foi realizada diretamente pelo autor com auxílio de um peagâmetro marca Quimis modelo Q400MT.

4.1.3 Estratégia de tratamento.

A partir do ponto escolhido e sabendo as características da água neste ponto elaborou-se a seguinte estratégia de tratamento exposta na figura 12.

Figura 12 – Estratégia de tratamento.



LEGENDA:
P2 – Ponto 2
A2 – Amostra do ponto 2
A2P – Amostra com polímero e cal.
A2S – Amostra com adição de cal
A2PF – Amostra com cal e polímero filtrada
A2SF – Amostra com adição de cal filtrada
AT – Água Tratada

Fonte: AUTOR, 2016.

O tratamento em escala de bancada seguiu, criteriosamente, os passos expostos no fluxograma da figura 12.

4.1.3.1 Tratamento da água em escala de bancada.

Realizou-se o tratamento conforme fluxograma descrito na figura 12 com a finalidade de adequar a água do rio aos padrões de potabilidade exigidos pela portaria 2.914 do MS.

4.1.3.1.1 Materiais

Utilizou-se os equipamentos demonstrados na figura 13 para a realização do experimento.

Figura 13 – Equipamentos utilizados para o tratamento em escala laboratorial.

JAR TEST

Modelo: JT102
Marca: MILAN



PEAGÂMETRO

Modelo: Q400MT
Marca: QUIMIS



BALANÇAS



CONE INMHOFF



CONDUTIVIMETRO

Modelo: Q795M
Marca: QUIMIS



DESMINERALIZADOR

Modelo: 1800
Marca: PERMUTION



EQUIPAMENTOS PARA FILTRAÇÃO A VÁCUO



Fonte: AUTOR, 2016.

Cita-se os reagentes utilizados no tratamento em escala laboratorial estão a Cal Hidratada 10%, hipoclorito de sódio 10 – 12 % e polímero catiônico marca Buckaman BLB5158 diluído em água com concentração de 0,1%.

4.1.3.1.2 Procedimentos

Para tratamento da água do ponto selecionado realizou-se os procedimentos de tratamento convencional da água, adicionando ao processo uma etapa inicial de neutralização e por fim uma etapa de polimento.

4.1.3.1.2.1 Neutralização

Para realizar a neutralização da água bruta primeiramente inseriu-se no jar test 1 litro de água de cada ponto coletado. Com auxílio de uma seringa e de um peagâmetro adicionou-se 0,5 mL de Cal hidratada 10% em cada um dos jarros, mantendo-os em rotação constante de 120 rpm, aguardou-se homogeneização da cal para então medir o pH, deve-se adicionar a cal, até o pH atingir valores entre 7,0 e 7,5. Desta forma determina-se a quantidade de cal que deve ser utilizada no processo de neutralização.

Preparou-se a amostra A2S, disposta na figura 12, dosando a quantidade de cal hidratada estabelecida anteriormente na água do ponto escolhido.

4.1.3.1.2.2 Adição de Polímero

Para realizar a adição de polímero e possibilitar a formação dos aglomerados procedeu-se primeiramente ao teste em uma pequena quantidade de amostra para avaliar a eficiência da ação do polímero aniônico e catiônico. Para preparação da amostra A2P, ilustrado na figura 12, inseriu-se 2,0 mL do polímero que melhor obteve resultado na água do ponto escolhido. Neste ensaio utilizou-se a cal hidratada como padrão.

4.1.3.1.2.3 Decantação

Para realizar o ensaio de decantação, adicionou-se, para diminuir a carga a ser filtrada, as amostras A2S e A2P, previstas na figura 12, em cones Imhoff e anotou-se o tempo de decantação e o volume de lodo gerado. O lodo decantado foi descartado e o sobrenadante clarificado seguiu para o tratamento.

4.1.3.1.2.4 Filtração

Pesou-se o carvão ativado, aproximadamente 0,05 g e misturou-se o mesmo na água. Preparou-se o filtro adicionando o papel filtro com diâmetro 12,5 cm. Logo após a água com o carvão ativado foi filtrada com auxílio de uma bomba à vácuo. Para medir eficiência da filtração, pesou-se o papel filtro após o processo de tratamento e após esperou-se a água do papel evaporar e pesou-se o mesmo seco. Ao fim do processo, duas amostras foram obtidas, identificadas como A2SF e A2PF, conforme figura 12.

4.1.3.1.2.5 Desinfecção

Utilizou-se o hipoclorito de sódio 10 – 12% para a desinfecção da água. Inseriu-se aproximadamente 0,08 g ou 2 gotas e deixou-se em contato por 14 minutos. Uma amostra desta água foi coletada para análise de coliformes, e o restante foi encaminhado para a etapa de polimento.

4.1.3.1.2.5 Etapa adicional - Polimento

Para realizar o polimento as amostras A2PF e A2SF foram misturadas e inseridas no desmineralizador, como ilustra a figura 12. Como a quantidade de amostra era insuficiente, a coluna foi previamente preparada com água destilada. Após a saturação da coluna encheu-se a mesma com a amostra para promover a desmineralização. O ensaio foi acompanhado medindo-se a condutividade da água filtrada. Ao final do processo a amostra foi identificada como AT.

4.1.3.1.3 Análises

Após armazenar as amostras em embalagens apropriadas as mesmas foram encaminhadas para análise. Solicitou-se a análise dos parâmetros mostrados na Tabela 19.

Tabela 19 – Parâmetros solicitados e metodologia.

Parâmetro	Metodologia
Sólidos totais	SMEWW – Method 2540 B (Gravimétrico)
Sulfatos	EPA 300.1 / SMEWW – Method 4110 B (Cromatografia Iônica)
Turbidez	SMEWW – Method 2130 B (Nefelométrico)
Ferro Total	SMEWW – Method 3110 B (AAS/Chama)
NMP Coliformes totais	Standart Methods for the examination of Water and Wastewater. 9221 B ed. 2012.

Fonte: IPARQUE, 2016.

Para avaliar a qualidade da água tratada (AT) solicitou-se todos os parâmetros mostrados na Tabela 19. Já para avaliar a ação do polímero e da cal hidratada na água (amostras A2S e A2P) foram analisados apenas os parâmetros sólidos totais, turbidez e ferro total.

4.2 AVALIAÇÃO DAS OPÇÕES DE USO FUTURO DA ÁGUA TRATADA

Considerou-se a possibilidade de utilização da água para o setor industrial, setor agrícola, consumo humano e para amenizar a carga de poluição atual do rio. A Tabela 20 mostra as possíveis utilizações bem como a entidade regulamentadora utilizada como base.

Tabela 20 – Possíveis utilizações a regulamentação utilizada como base.

Uso	Regulamentação
Agrícola	CONAMA nº 357 e 430
Industria em Geral	CONAMA nº 357 e 430
Consumo Humano	Portaria 2.914 MS
Mitigação dos Impactos	CONAMA nº 357 e 430

Fonte: AUTOR, 2016.

4.2.1 Uso para atividade agrícola.

Considerando que na área de influência do estudo a principal atividade agrícola é o cultivo de arroz, determinou-se o nível de tratamento utilizando-se os principais parâmetros exigidos pelas Resoluções CONAMA nº 430 e 357.

4.2.2 Uso para setor industrial.

Considerando que na área de influência do estudo as principais atividades do setor industrial são: cerâmica, fundição, olarias e pequenas metalúrgicas, adotou-se como padrão os principais parâmetros exigidos pelas Resoluções CONAMA nº 430 e 357.

4.2.3 Uso para consumo humano.

Adotou-se como padrão os principais parâmetros exigidos pela Portaria nº 2.914 do MS. Considerando que a água oriunda desse tratamento deve passar por um processo de tratamento convencional com adição de um processo de polimento para atingir os parâmetros solicitados.

4.2.4 Mitigação dos impactos do Rio Sangão.

Considerando que o Rio Sangão representa carga poluidora de 80% em seu afluente, adotou-se como padrão os principais parâmetros exigidos pelas Resoluções CONAMA nº 357 e 430.

4.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA

Realizou-se um estudo com base em estações de tratamento convencionais que utilizam captação de água da bacia hidrográfica do rio Araranguá, em especial a CASAN, que possui uma ETA para abastecimento dos municípios da região formada por Criciúma, Nova Veneza, Forquilha, Siderópolis e Maracajá. A referida ETA capta água do Rio São Bento e foi objeto de uma visita técnica para desenvolvimento do estudo proposto, e as informações obtidas estão apresentadas na figura 15. Tais informações subsidiaram a elaboração do projeto conceitual do tratamento da água do Rio Sangão, que prevê o aproveitamento de parte da estrutura remanescente da ex ICC, atual IPARQUE (UNESC), conforme ilustrado na figura 08. O desenvolvimento do projeto conceitual considerou as características e os resultados obtidos nos ensaios de tratabilidade da água do Rio Sangão.

4.3.1 Modelo de uma Estação de Tratamento de Água.

Utilizou-se como modelo de tratamento convencional a estação de tratamento de água da CASAN. Nesta unidade utiliza-se a água coletada da Barragem do Rio São Bento, localizada no município de Siderópolis oriunda do represamento dos rios Serrinha e São Bento, ambos pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Araranguá. A água da barragem, diferente dos rios do município de Criciúma, é protegida à montante por matas e não apresentam atividade industrial, agrícola ou moradias próximas ao leito, permanecendo preservada a qualidade da água. Após o represamento, a água é transportada até a estação de tratamento, localizada na rua Lucas Peruchi, número 934 no bairro São Defende em Criciúma Santa Catarina. Na figura 14 é possível visualizar a localização da ETA.

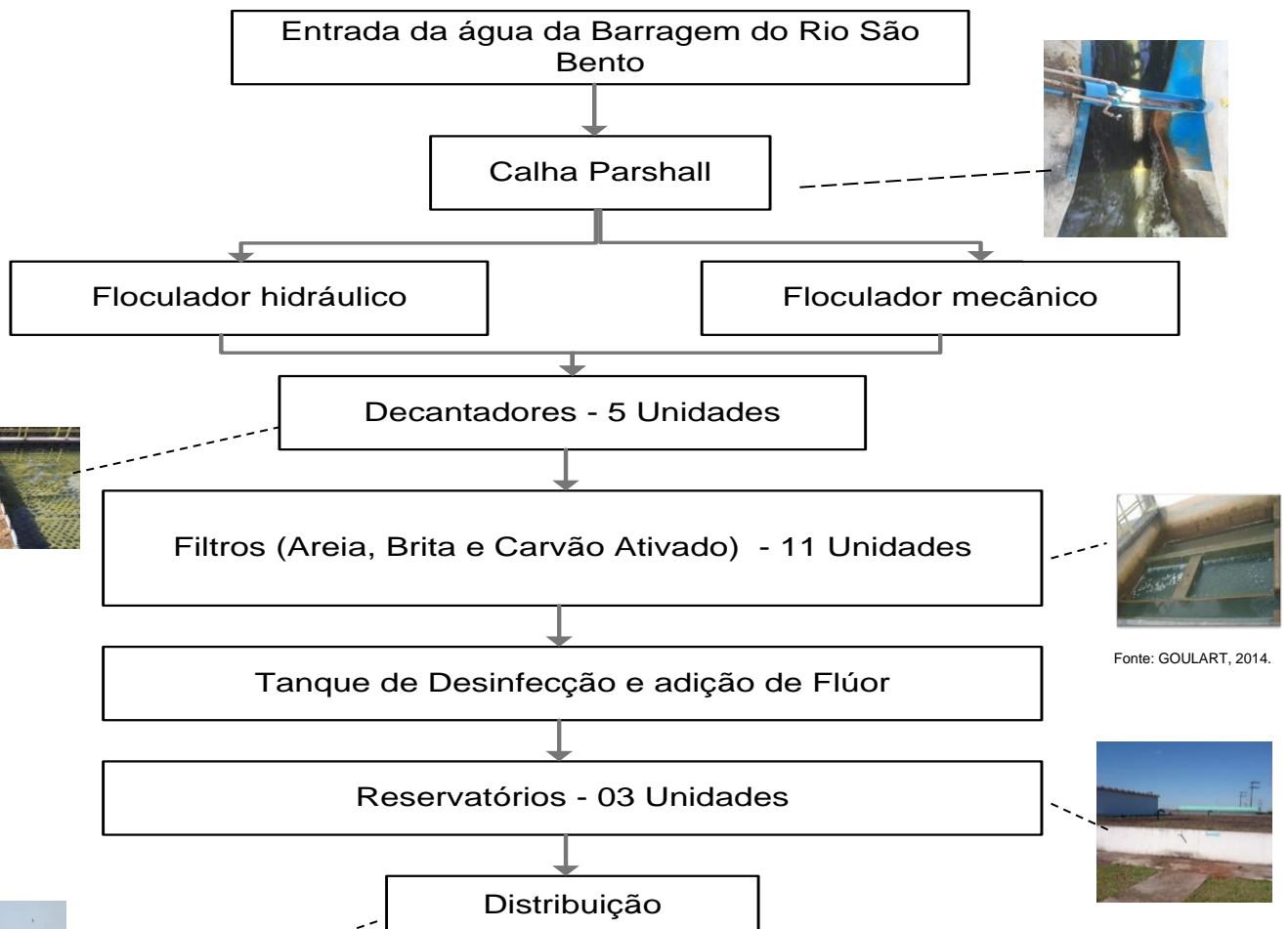
Figura 14 – Visão aérea da Estação de Tratamento de água da CASAN.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo AUTOR, 2016.

Antes de chegar à ETA realiza-se o tratamento físico de gradeamento, que impede a passagem de sólidos grosseiros. Após isso o tratamento segue conforme a figura 15.

Figura 15 – Fluxograma da ETA CASAN Criciúma – SC.



Fonte: AUTOR, 2016.

Conforme fluxograma representado na figura 15, a primeira etapa do tratamento consiste na mistura rápida em calha Parshall, onde mistura-se de forma homogênea o coagulante na água e mede-se a vazão através de um medidor ultrassônico acoplado ao equipamento.

A sequência do tratamento, explicitado na figura 15, consiste em dois tipos de flocladores: hidráulico e mecânico. O misturador hidráulico é composto por chicanas e o mecânico contém pás acopladas perpendicularmente ao eixo. Nesta etapa do tratamento, ocorreu-se a formação dos flocos. Para remoção destes, deve-se passar por decantadores. Estes possuem lamelas para aumentar a área de decantação em 10%. Os flocos restantes na água são removidos ao chegarem nos filtros, estes são compostos por camadas de brita, areia e carvão ativado.

Baseando-se na figura 15, a próxima etapa é a de cloração. Adiciona-se o cloro na forma de gás na água para desinfecção. Para a adição de flúor, utilizou-se o reagente ácido fluossilícico até atingir o padrão de 0,70 a 0,80 mg F/L.

Desta forma encerra-se o tratamento químico convencional da água. A água devidamente tratada é armazenada em tanques e após isto são encaminhadas à distribuição.

4.3.2 Projeto Conceitual

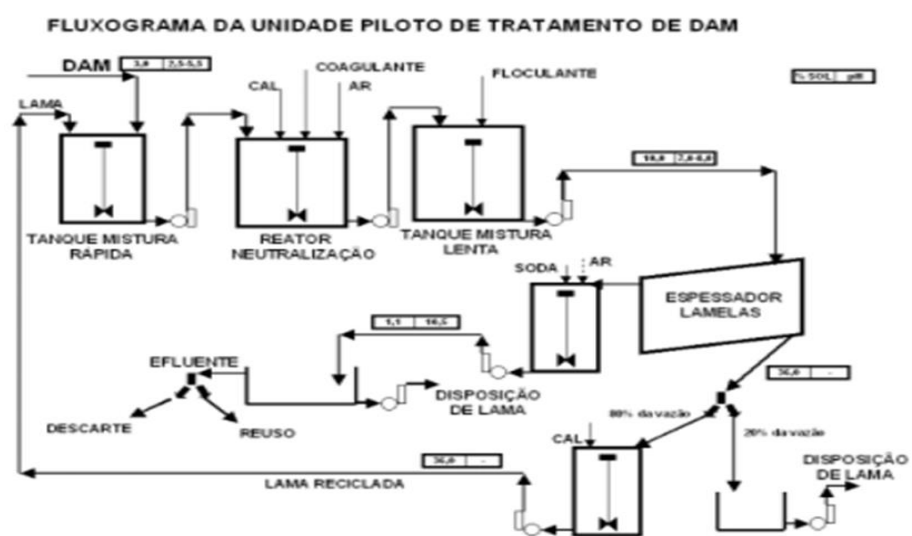
Baseando-se na estação de tratamento de água do município de Criciúma, e conhecendo as características da água, determinou-se a necessidade de realizar um pré tratamento (ETE), o tratamento convencional (ETA) e tratamento de polimento.

4.3.2.1 Projeto ETE

Com referência nas análises de qualidade dos pontos escolhidos, deve-se tratar a água como característica de drenagem ácida de mina (DAM), desta forma, tratou-se primeiramente o Rio Sangão como um efluente.

Segue abaixo figura 16 que representa o fluxograma piloto de uma unidade de tratamento de DAM.

Figura 16 – Fluxograma de uma unidade piloto de tratamento de DAM.



Fonte: POSSA; SANTOS, 2003.

4.3.2.2 Projeto ETA.

Para a produção da ETA utilizou-se como base a estação de tratamento de água do município de Criciúma – SC.

4.3.2.3 Projeto polimento.

Para a produção do polimento deve-se utilizar como base o equipamento utilizado em laboratório.

4.3.2.4 Distribuição.

Para distribuição, adotou-se as informações disponibilizadas pelo IBGE de 192.308 habitantes e densidade demográfica de 815,87 hab/km². Calcula-se com estes valores o número de ligações de atendimento possíveis, baseando-se no dado fornecido pela CASAN que a cada 100 ligações necessita-se de uma vazão média de 1 L/s, calcula-se com estes valores o raio atingido.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO.

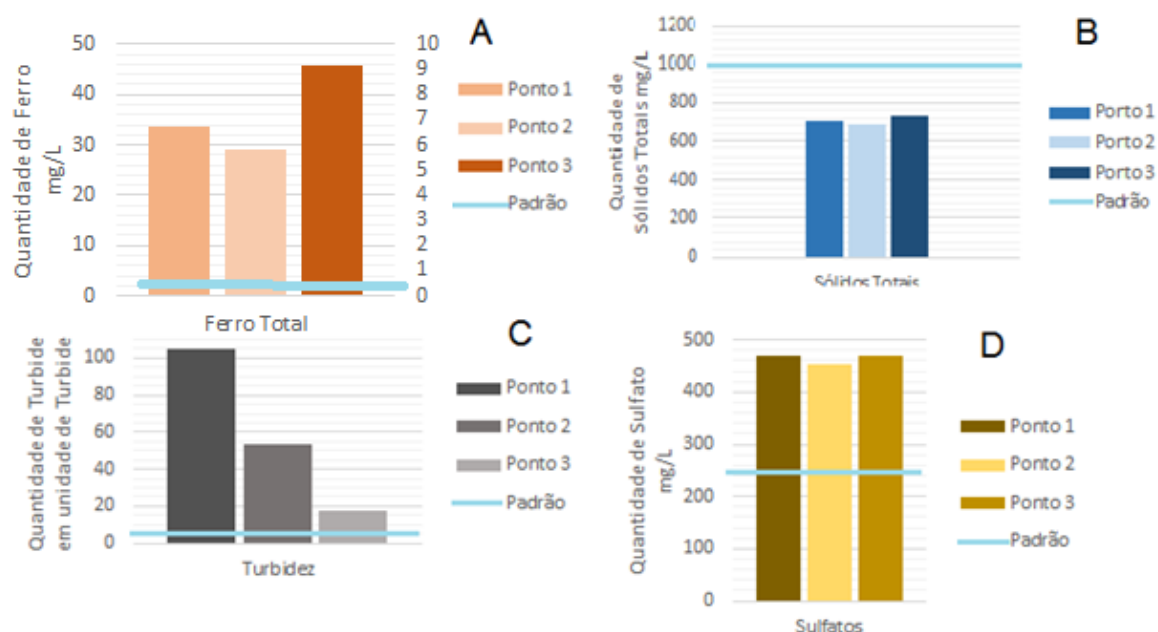
5.1.1 Seleção dos potenciais pontos de captação.

Com base nos dados elencados, determinou-se o ponto 2 como o ponto de captação da água para possível tratamento.

5.1.2 Caracterização dos pontos selecionados

Tendo em vista os parâmetros solicitados para determinação da qualidade da água do rio Sangão, a figura 17 mostra os resultados obtidos através da análise.

Figura 17 – Resultados da análise dos pontos 1, 2 e 3.



FONTE: AUTOR, 2016.

O padrão de qualidade utilizado para avaliação dos pontos leva em conta a Portaria 2.914 do MS. Para o gráfico A que representa o resultado da análise de ferro total observou-se que o valor dos pontos 1, 2 e 3 estão acima do valor permitido. O ponto 1 apresentou quantidade 110 vezes maior, o ponto 2 apresentou resultado

96 vezes maior e por fim o ponto 3 ficou 153 vezes maior que o valor máximo permitido pela Portaria 2.914/2011.

Para o parâmetro sólidos totais, gráfico B, o padrão de qualidade estabelece o valor máximo permitido de 1000 mg/L, todos os pontos representaram resultados satisfatórios para este quesito e dentre eles, o ponto 2 foi o que apresentou valor mais satisfatório, porém a presença de sólidos deve ser reduzida pois significa, conforme Macêdo (2001), a quantidade de impurezas presente na água.

O gráfico C apresenta os resultados de turbidez, para este, todos os pontos apresentaram valor maior que o valor máximo permitido pela portaria utilizada como padrão. O gráfico D, representa os valores de sulfatos, os pontos apresentaram resultados 80% maior que o valor máximo permitido pela portaria, e dentre os pontos, o ponto dois apresentou o menor resultado.

Os resultados confirmam os dados da literatura especializada, pois conforme Dassi (2006), o despejo de ferro vindo da mineração resulta no aumento da turbidez e de ferro total da água.

Além dos parâmetros mostrados na figura 17, analisou-se também a presença de coliformes totais e o pH da água em cada ponto, como apresenta a Tabela 21.

Tabela 21 – Resultado da análise de coliformes totais e pH.

Pontos	Coliformes Totais	pH
01	< 1,8.10 ⁰ NMP/100 mL	2,78
02	< 1,8.10 ⁰ NMP/100 mL	3,00
03	1,3.10 ¹ NMP/100 mL	2,96

Fonte: AUTOR, 2016

O ponto 3 apresentou maior número de coliformes totais em 100 mL de água, conforme Tabela 25, e os valores de pH obtidos apresentaram valores abaixo do mínimo permitido pela portaria 2.914 MS, que permite o intervalo de 6,0 a 9,5, além disso apresenta valor menor que o mínimo permitido pela portaria CONAMA 430 que é de 5,00. O valor de pH encontrado através de análise assim como a presença de sulfato pode caracterizar a água, segundo os autores Possa e Santos (2003), como uma água característica de drenagem ácida de mina.

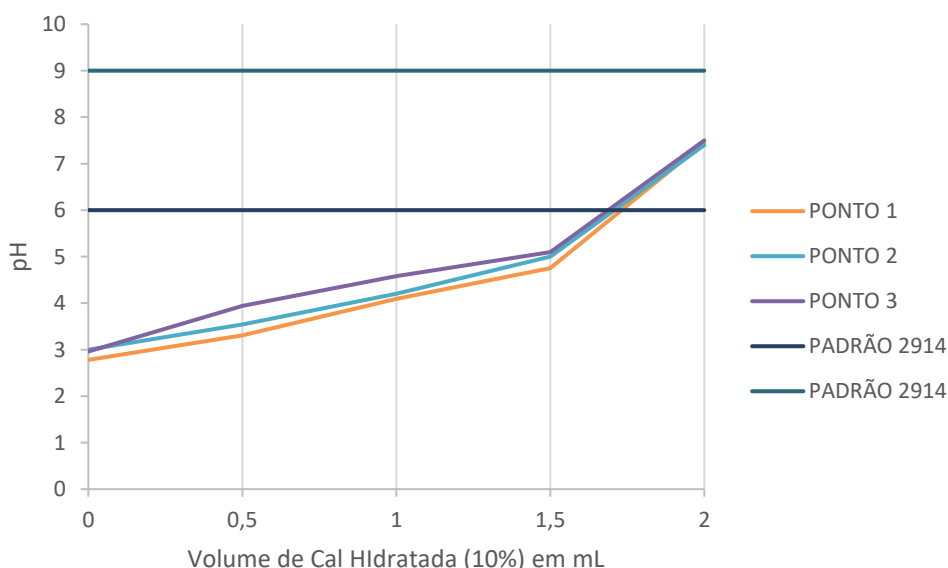
5.1.3 Estratégia de tratamento.

Com base na estratégia de tratamento apresentado pela figura 12 segue a apresentação dos resultados obtidos.

5.1.3.1 Neutralização.

Com a finalidade de determinar a quantidade de cal necessária para neutralização da água do ponto 2, realizou-se a curva de neutralização como mostra o gráfico 02.

Gráfico 02 - Curva de neutralização dos pontos com Cal Hidratada 10%.



Fonte: AUTOR, 2016.

Observando o gráfico 02, nota-se que foram necessárias 2,0 ml de cal hidratada 10% para que todos os pontos chegassem ao entre pH 7,0 e 7,5.

5.1.3.2 Adição de Polímero

O resultado do teste realizado para determinar o polímero que será utilizado no tratamento pode ser visto na figura 18.

Figura 18 – Avaliação dos polímeros.



Fonte: AUTOR, 2016.

Percebe-se analisando a figura 18 que o Becker 3, que contém o polímero aniônico, manteve a água mais turva e resultou em flocos menores. Desta forma o melhor polímero para o tratamento da água do rio foi o contido no Becker 2, ou seja, polímero catiônico.

5.1.3.3 Decantação

O resultado obtido com a decantação em cone Imhoff pode ser observado através da Tabela 22.

Tabela 22 – Resultado obtido através da decantação.

Amostra	Volume de Lodo (ml)	Tempo de Decantação (min)
A2S	218	27
A2P	228	12

Fonte: AUTOR, 2016.

Analisando a Tabela 22, observa-se que a ação do polímero na água diminui o tempo de decantação em 15 minutos, e resultou em um volume de lodo maior que a amostra que continha apenas a cal.

5.1.3.4 Filtração

O resultado de eficácia da filtração pode ser observado na Tabela 23.

Tabela 23 – Resultado obtido na filtração.

Amostra	Peso	Peso após filtragem (g)		Quantidade de Sólidos removidos (g)
	Inicial (g)	Molhado	Seco	
A2PF	1,08	2,160	1,340	0,260
A2SF	1,08	2,090	1,720	0,640

Fonte: AUTOR, 2016.

Avaliando as Tabelas 22 e 23, observou-se que a amostra A2S apresentou o menor volume de lodo no processo de decantação. Desta forma, espera-se que a mesma apresente maior volume de sólidos à serem removidos no processo de filtração, sendo assim, considera-se o resultado como esperado.

5.1.3.5 Etapa adicional - Polimento

Para medição da efetividade da utilização do desmineralizador no tratamento mediu-se a condutividade da água antes e depois como mostra a Tabela 24.

Tabela 24 – Resultado da eficiência do desmineralizador

Amostra	Condutividade	Condutividade
	Inicial ($\mu\text{S/cm}$)	Final ($\mu\text{S/cm}$)
AT	869	2,40

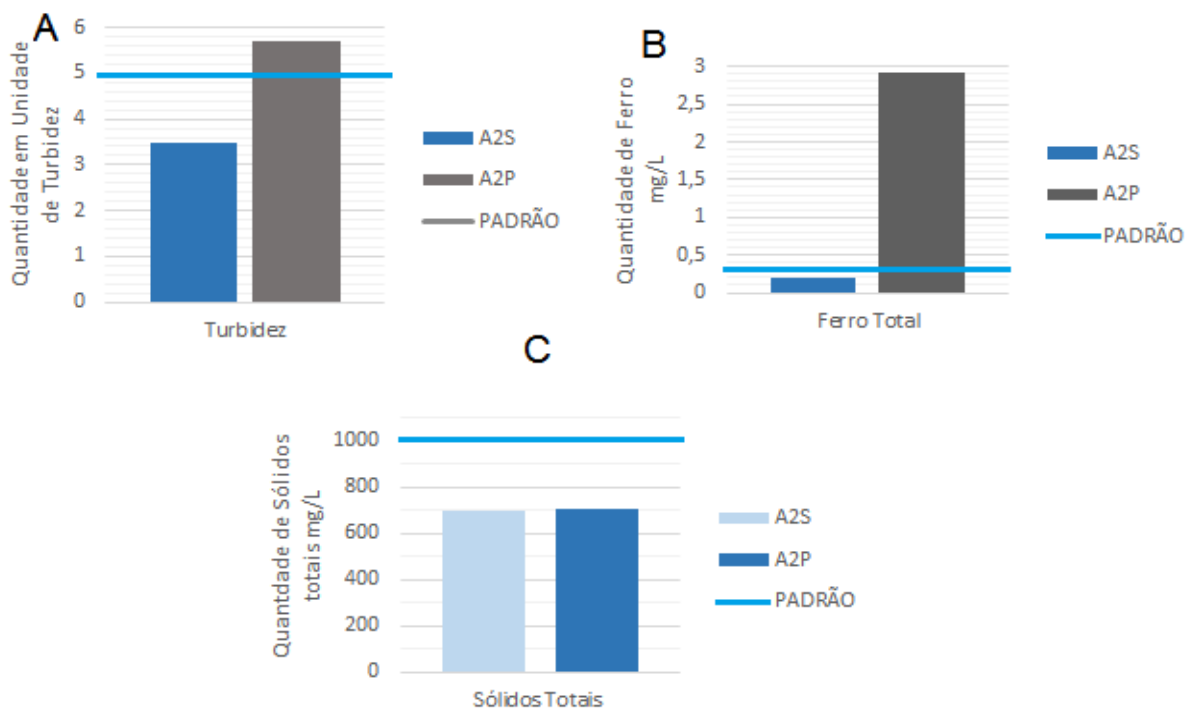
Fonte: AUTOR, 2016.

Conforme os autores Portal tratamento de água (2009) e H2LIFE (2016), é possível determinar a efetividade do desmineralizador medindo apenas a condutividade da água, após passar pelo equipamento, a condutividade elétrica deverá ter seu valor reduzido, devido a retirada dos íons presentes na água. Com base nisto, podemos afirmar que o desmineralizador obteve a eficiência esperada, pois reduziu cerca de 99,7% da condutividade elétrica da água

5.1.3.6 Análises

A figura 19 apresenta os resultados obtidos para as amostras A2S e A2P.

Figura 19 – Análise dos resultados obtidos após neutralização.



Fonte: AUTOR, 2016.

O gráfico A, figura 19, apresentou valores de turbidez para amostra A2S, dentro do padrão exigido pela Portaria 2.914/2011 MS, enquanto a amostra A2P ficou fora do padrão após a decantação.

O resultado ferro total da amostra A2P não atendeu ao padrão. A amostra A2S, embora tenha atendido, mostrou um teor muito próximo do padrão exigido pela Portaria 2.914/2011 MS, significando que irá precisar de um controle mais rigoroso na etapa de tratamento.

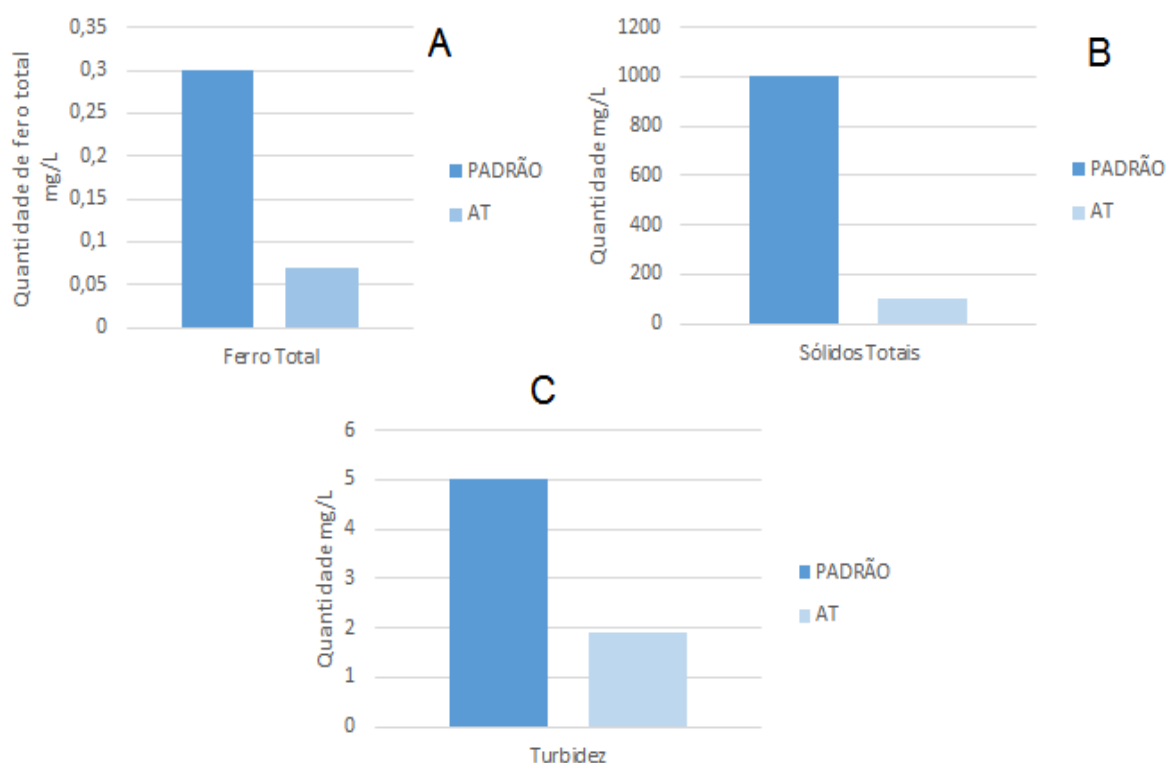
Considerando-se a etapa de neutralização com $\text{Ca}(\text{OH})_2$, um tratamento para remoção da turbidez e ferro total, observou-se que o melhor resultado obtido foi sem o uso de polímero, este resultado pode ter ocorrido devido a alteração do pH causada pela adição de polímero.

No gráfico C, figura 19, apresentou resultados dentro do padrão exigido pela Portaria 2.914/2011 MS para os sólidos totais em ambas as amostras.

De acordo com os resultados apresentados é possível inferir que a água do rio Sangão tem uma qualidade comparável com uma água de drenagem ácida de mina, condição esta que está condizente com a literatura especializada citada no referencial deste trabalho.

A figura 20 e a Tabela 25 apresentam os resultados após todo o tratamento realizado conforme a figura 12.

Figura 20 – Análise dos resultados obtidos após tratamento completo.



Fonte: AUTOR, 2016.

Tabela 25 – Resultado da análise de coliformes totais e turbidez.

Pontos	Coliformes Totais	Sulfatos
AT	< 1,8.10 ⁰ NMP/100 mL	<5
Padrão	0	250

Fonte: AUTOR, 2016

Como mostrado a figura 20, todos os parâmetros analisados atenderam a portaria 2.914/2011 MS, considerando o processo convencional com adição do polimento.

Na Tabela 25, os resultados do parâmetro sulfatos atenderam o padrão exigido pela Portaria 2.914/2011 MS. Porém os resultados obtidos através da análise de coliformes não permitiram concluir sobre a sua potabilidade.

A Tabela 26 apresenta os resultados do ponto 2, localizado próximo do IPARQUE.

Tabela 26 – Qualidade da água tratada no ponto 2

Parâmetros	PADRÃO	Ponto 2	AT
Ferro Total	0,3	45,96	0,07
Sólidos Totais	1000	733	100
Sulfatos	250	453	<5,0
Turbidez	5	53,2	1,9
Coliformes Totais	0	<1,8.10 ⁰	<1,8.10 ⁰

Fonte: AUTOR, 2016.

Observou-se na Tabela 26 que o padrão foi atendido em todos os parâmetros analisados, no entanto, ainda carece de uma maior investigação para garantir a sua potabilidade.

5.2 AVALIAÇÃO DAS OPÇÕES DE USO FUTURO DA ÁGUA TRATADA

Tomando por base os resultados obtidos no ensaio de tratabilidade procedeu-se a avaliação do uso futuro considerando o setor industrial, agrícola, consumo humano e melhoria da qualidade da água do rio Sangão.

5.2.1 Uso para atividade agrícola.

Considerando o fluxograma da figura 12 e os resultados apresentados pela figura 19, após adição de cal hidratada 10% (amostra A2S), observou-se que a análise da água apresentou os valores de Ferro total e Turbidez dentro dos padrões exigidos pelas resoluções CONAMA n 357 e 430 com exceção do parâmetro sólidos totais, que excede os valores permitido pelas resoluções, como observado na Tabela 27, desta forma a água para uso no setor agrícola deve ser coletada após o tratamento convencional.

Tabela 27 – Resultado obtido comparado com CONAMA 357 e 430.

Parâmetros	CONAMA 357/2005	CONAMA 430/2011	A2S
Ferro Total (mg/L)	0,3	15	0,19
Turbidez (NTU)	100		3,5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500		699
pH	6,0 - 9,0	5,0 – 9,00	7,5

Fonte: AUTOR, 2016.

5.2.2 Uso para setor industrial.

A água para o uso industrial deve seguir o mesmo intuito da água com destino ao setor agrícola. Desta forma, com base nos mesmos resultados obtidos anteriormente, deve-se utilizar água para esta finalidade após o tratamento convencional.

5.2.3 Uso para consumo humano.

Seguindo o fluxograma da figura 12 e os resultados apresentados pela figura 20 e pela Tabela 25, considera-se a água após todo o tratamento (amostra AT) como sendo propícia para o consumo. Os resultados obtidos através do tratamento comparados aos valores máximos permitidos pela Portaria 2.914 MS podem ser vistos através da Tabela 27.

Tabela 27 – Comparação entre a água tratada e a portaria 2.914 MS.

Parâmetros	2.914 MS	AT
Ferro Total	0,3	0,07
pH	6,0 – 9,5	7,5
Sólidos Totais	1000	100
Sulfatos	250	<5,0
Turbidez	5	1,9
Coliformes Totais	0	<1,8.10 ⁰

Fonte: AUTOR, 2016.

5.2.4 Mitigação dos impactos do Rio Sangão.

Com base no fluxograma da figura 12 e nos resultados apresentados pela figura 18, pode-se afirmar que após adição de cal hidratada 10% (amostra A2S) a água já pode ser devolvida ao rio Sangão, pois os parâmetros analisados estão dentro dos determinados pela resolução CONAMA n 430/2011, como podemos ver na Tabela 28. No entanto, se submetida as regulações exigidas pela resolução CONAMA n357/2005, a água deve ser coletada após o tratamento convencional, da mesma forma que ocorre para os setores agrícola e industrial.

Tabela 28 – Resultado obtido comparado com CONAMA 430.

Parâmetros	CONAMA 430	Ponto 2	A2S
Ferro Total	0,15	45,96	0,19
pH	5,0 – 9,0	3	7,5

Fonte: AUTOR, 2016.

5.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA

5.3.1 Modelo de uma Estação de Tratamento de Água.

Através da visita realizada registrou-se os seguintes parâmetros da estação de tratamento da CASAN no município de Criciúma.

Na calha Parshall, o coagulante (PAC) era dosado com uma taxa de 220ml/10s na água. O consumo mensal é em torno de 60.000 L, e a vazão de entrada da ETA, é em média 1000 L/s. O misturador hidráulico, composto por chicanas, possui uma área total de 196 m² com altura de 4 metros divididos em 7 tanques. O misturador mecânico, com pás acopladas perpendicularmente ao eixo, possui uma área 72 m² com 4 metros de profundidades dividido em 3 unidades.

Os decantadores, com lamelas, possui área e volume descritos na Tabela 29.

Tabela 29 – Áreas e Volume dos Tanques de Decantação CASAN.

Tanque	Área (m ²)	Volume (m ³)
01	115	345
02	115	345
03	161,5	484,5
04	36,8	110,4
05	36,8	110,4
Soma de todos	465,1	1395,3

Fonte: AUTOR, 2016.

Já a área e o volume dos filtros podem ser vistos na Tabela 30.

Tabela 30 – Áreas e Volume dos Filtros da CASAN.

Filtro	Área (m ²)	Volume (m ³)
01	6,21	18,64
02	6,21	18,64
03	6,21	18,64
04	13,35	40
05	13,35	40
06	13,35	40
07	13,35	40
08	21,92	65,77
09	21,92	65,77
10	21,92	65,77
11	21,92	65,77
Soma de todos	159,71	479,13

Fonte: AUTOR, 2016.

O cloro, na forma de gás, é dosado conforme figura 21.

Figura 21 – Dosagem de Gás Cloro.



Fonte: AUTOR, 2016.

A dosagem de ácido fluossilícico é realizada com base no resultado final, que deve apresentar valores entre 0,70 e 0,80 mg F/L.

Os tanques de armazenamento de água tratada são cobertos por vegetação para manter a temperatura da água uniforme dentro dele.

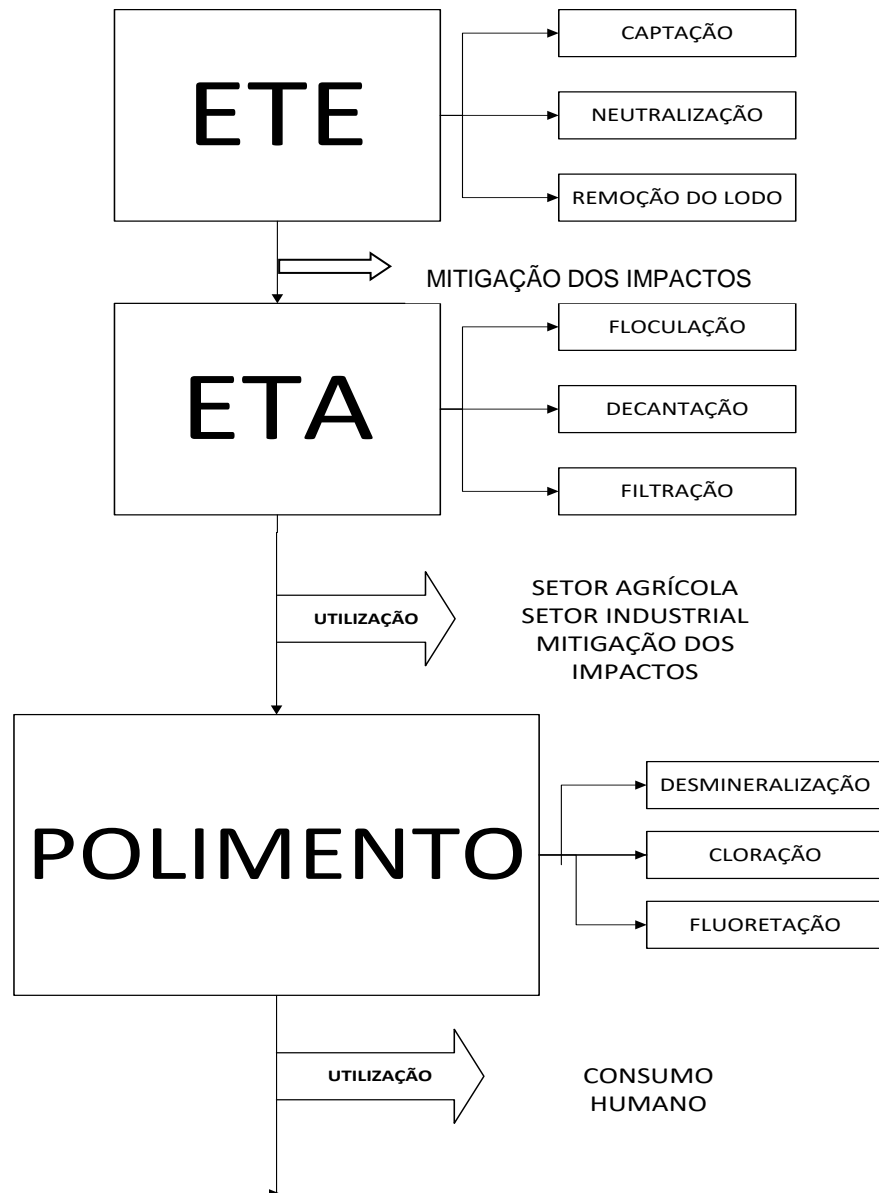
A água tratada é distribuída por tubulação para 21 reservatórios que somam uma capacidade total de 15.600 m³.

5.3.2 Projeto Conceitual

Através dos resultados obtidos até aqui, o primeiro projeto a ser executado é o da ETE. O segundo deve ser da ETA e por fim o polimento.

Sabendo disso, a figura 22 mostra em quais partes do projeto a água pode ser coletada para o uso industrial, agrícola, consumo e para a mitigação dos impactos do rio.

Figura 22 – Fluxograma demonstrativo das possíveis utilizações da água.



Fonte: AUTOR, 2016.

5.3.2.1 Projeto ETE

Considerando a água do rio Sangão como um efluente de mineração o projeto da estação de tratamento de efluente (ETE) foi criado. Como o objetivo deste trabalho é utilizar a estrutura remanescente da ICC, atual IPARQUE (UNESC) ilustrado na figura 07, torna-se necessário saber as dimensões desses tanques (decantadores) que estão descritas na Tabela 31.

Tabela 31 – Dimensões dos tanques remanescentes da ICC.

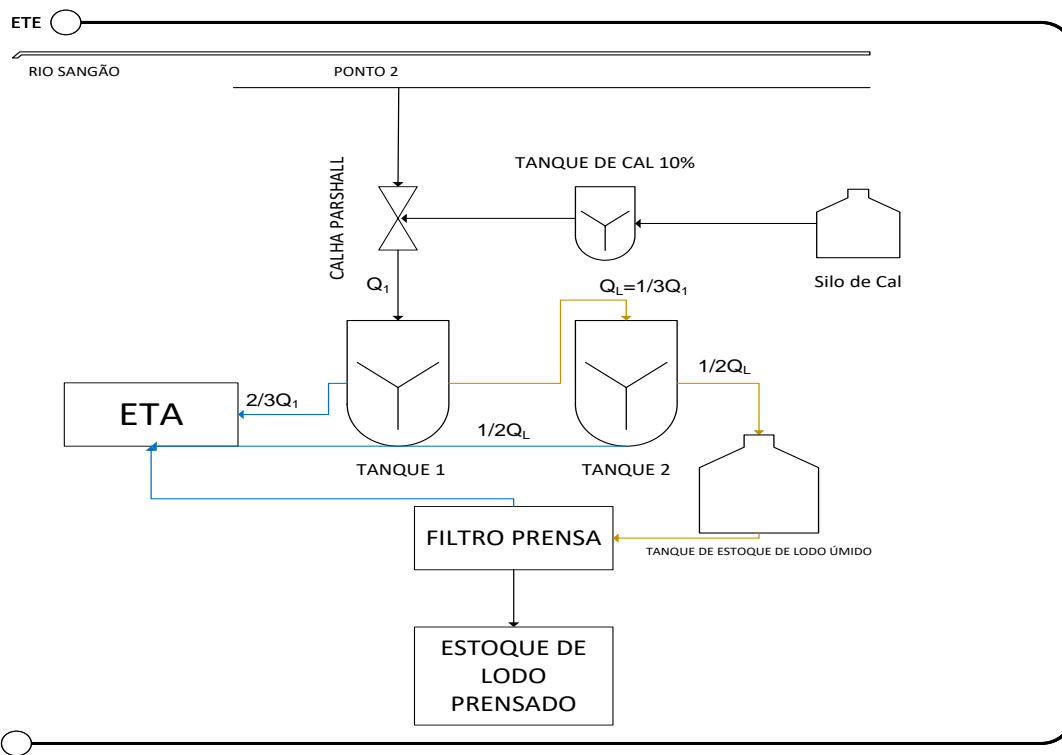
Parâmetro	Tanque 01	Tanque 02
Altura Total (m)	4,60	4,00
Altura parte cilíndrica (m)	3,60	3,00
Altura parte cônica (m)	1,00	1,00
Diâmetro (m)	20,69	17,35
Volume total (m ³)	1280,05	788,07
Volume útil (m ³)	1200	700

Fonte: AUTOR, 2016.

Através do volume útil do tanque 1, mostrado na Tabela 31, determina-se a vazão de trabalho da planta como sendo 1200 m³/h.

Com base na figura 16 e na estrutura mostrada na figura 07, o processo de tratamento da ETE sugerido pode ser observado através da figura 23.

Figura 23 – Fluxograma ETE.



Fonte: AUTOR, 2016.

Através da figura 23 e na vazão de trabalho a água do rio deve chegar a ETE por tubulações do tipo junta rígida com diâmetro de 600 mm.

A instalação de mistura rápida, onde deve ocorrer a mistura do neutralizante, escolhido foi a Calha Parshall. Conforme a vazão de trabalho e os tamanhos padrões mostrados na figura 03, a calha projetada deve possuir tamanho de garganta de 305 mm.

A neutralização ocorre através da adição de cal hidratada 10%, a necessidade da matéria prima, conforme a vazão de trabalho, é em torno de 240 kg por hora

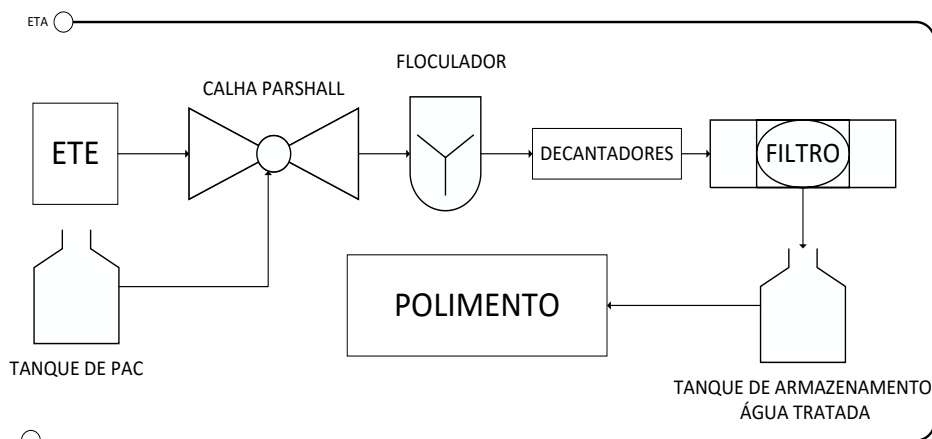
O tanque 1, mostrado na figura 07 será utilizado para decantação após a adição de cal, e no tanque 2 ocorrerá o adensamento do lodo.

O lodo adensado deve seguir para um tanque de armazenamento, e será comprimido através de um filtro prensa. Cada ciclo de prensagem do filtro pode demorar cerca de 20 a 40 min, o volume de filtragem pode ser de 20 m³. O lodo gerado neste processo deverá ser descartado de forma adequada, obedecendo as resoluções vigentes.

5.3.2.2 Projeto ETA.

Com base nos dados obtidos através da visita técnica realizada na ETA do município de Criciúma, projetou-se esta ETA. A estação projetada segue o fluxograma da figura 15 e pode ser observada na figura 24, abaixo.

Figura 24 – Fluxograma ETA.



Fonte: AUTOR, 2016.

Com base na vazão de trabalho da ETA visitada e na vazão estimada para o projeto, calcula-se que a estação que irá ser projetada é 3 vezes menor que a da CASAN. Sendo assim, a estação projetada poderá seguir os parâmetros mostrado na Tabela 32

Tabela 32 – Dimensionamento ETA com base na CASAN Criciúma.

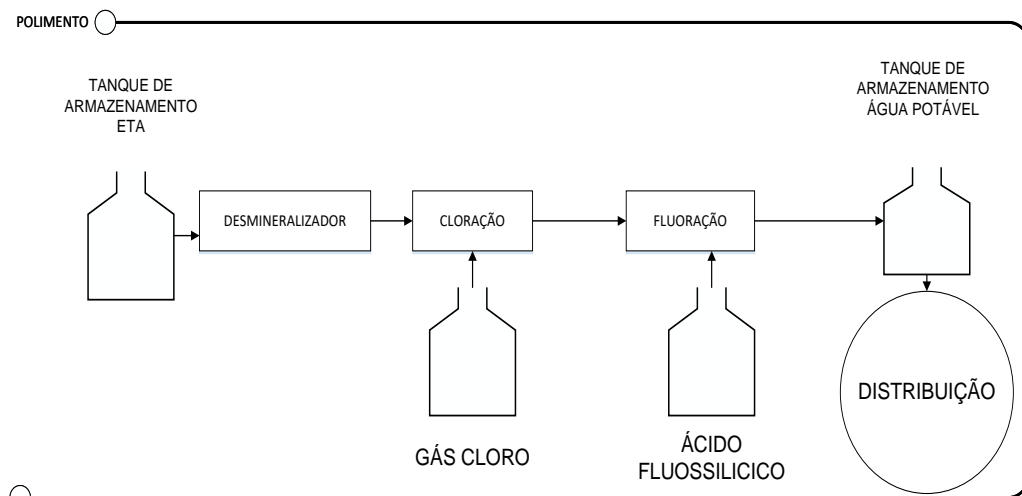
Parâmetro	ETA	CASAN
Q_{max} L/s	330	1000
Calha Parshall (ft)	1	3
Floculador hidráulico (m²)	65,33	196,00
Floculador mecânico (m²)	24,00	72,00
Decantador (m²)	155,03	465,10
Filtro (m²)	53,23	159,71
Consumo de PAC (L/mês)	20.000	60.000

Fonte: AUTOR, 2016.

5.3.2.3 Projeto polimento.

O projeto do polimento sugerido para o processo segue conforme o fluxograma disposto na figura 25.

Figura 25 – Fluxograma Polimento.



Fonte: AUTOR, 2016.

A fim de remover os sais da água, a água oriunda da ETA deverá passar por um desmineralizador antes de ser encaminhada para o consumo humano. Desta forma procuramos um desmineralizador que tenha a capacidade de filtrar 1200 m³/h, ou seja, 10 unidades de desmineralização de 100 m³/h cada.

Uma sugestão de desmineralizador que se aplica ao processo pode ser encontrado na figura 26.

Figura 26 - Desmineralizador industrial.



Fonte: PERMUTION, 2016.

Este desmineralizador da marca Permution, considerada a maior do sul do Brasil quando o assunto é tratamento de água, possui uma capacidade de vazão variando de 0,5 a 100 m³/h, este equipamento é construído com fibra de vidro e polietileno, pode ser operado de forma manual ou automática e possui garantia de 5 anos. O demineralizador é composto por uma resina catiônica regenerada com ácido clorídrico e por uma resina aniônica regenerada com soda caustica.

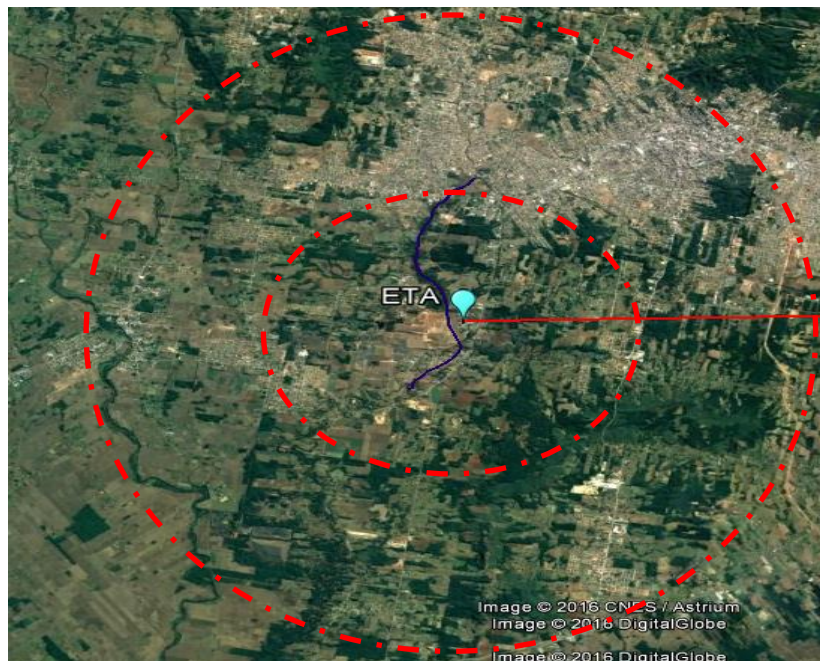
Após essa etapa do tratamento a água segue para um novo reservatório onde são inseridos o cloro e o flúor a água. A dosagem de cloro foi realizada com base na CASAN de Criciúma, determinou-se então uma vazão de 1,65 kg/h de gás cloro.

Após isto a água pode ser distribuída.

5.3.2.4 Distribuição.

Para a vazão de trabalho de 1200 m³/h a ETA elaborada pode atender 33.000 ligações. Sabendo que uma pessoa vive confortavelmente com 200 L/dia de água estima-se que a ETA consegue atender a 142.000 pessoas. Com esta informação determina-se a área atendida, que é de 176,5 km² resultando num raio de 7,5 km, demonstrado na figura 27.

Figura 27 – Raio de distribuição.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo AUTOR, 2016.

6 CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado pode-se concluir que:

- O rio Sangão tem uma qualidade de água comparável com a drenagem de mina, situação esta, evidenciada, por exemplo, pelos teores de ferro total que se apresentam centenas de vezes maiores que o seu teor máximo requerido para credenciá-la como potável e três vezes mais para atender os padrões de lançamento em rio classe II, como é o caso;
- O resultado do tratamento, é capaz de produzir uma água com qualidade potencial para a indicação de uso industrial e agrícola, desde que considerado uma etapa de abrandamento para os casos industriais com aplicação na geração de vapor, resfriamentos indiretos (troca térmicas) entre outros processos que necessitem de um baixo ou ausência do teor de dureza;
- A qualidade da água tratada pela ETE proposta, atende os padrões de lançamento de efluentes para o rio Sangão, de acordo com o CONAMA 430, viabilizando a sua reintrodução no rio com o objetivo de melhorar a sua qualidade;
- Não foi possível confirmar a obtenção de uma água potável para abastecimento público devido a necessidade de estudos complementares quanto a incerteza da presença de agrotóxicos e metais pesados;
- O reaproveitamento da estrutura formada pelos dois tanques (decantadores) com volume de 1.200 e 700 m³, da ex-ICC, tem potencial para tratar até 330 L/s de água captada no rio Sangão, de acordo com o projeto conceitual de ETE e ETA conjugados.
- O potencial de atendimento apresentado pela vazão de 330 L/s, de água captada para tratamento na ETE e ETA proposta é de 142.000 habitantes, quando comparada com a CASAN de Criciúma, representado 30% da sua capacidade que é de até 1.200 L/s atualmente.

7 RECOMENDAÇÕES

Para continuidade à pesquisa sugere-se, a realização das seguintes atividades:

- Detalhar o projeto conceitual para subsidiar a sua análise de viabilidade econômica;
- Realizar análise de viabilidade econômica para o tratamento da água do rio Sangão com destino de uso nos setores industrial e agrícola;
- Realizar análise de viabilidade econômica para o tratamento da água do rio Sangão com destino em mitigar os impactos causados a água;
- Realizar análise de viabilidade econômica para o tratamento da água do rio Sangão para consumo humano;
- Caracterizar o lodo gerando, bem como a estipular uma possível utilização;
- Aprofundar a análise da alternativa de disponibilizar ou prestar serviços de recuperação da qualidade da água do rio Sangão, instalando a ETE proposta e;
- Complementar a avaliação da potabilidade da água tratada com análise para metais e compostos característicos presentes nos defensivos agrícolas e metais pesados;

REFERÊNCIAS

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. STONE, L. F; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. **Irrigação e drenagem**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojwocdg02wyiv80bhgp5pox11yjx.html>>. Acessado em: 14 nov. 2016.

ALEXANDRE, N. Z. **Análise integrada da qualidade das águas da bacia do rio Araranguá (SC)**. 2000. 294 f. Dissertação de Mestrado (Grau em Mestre em Geografia pesquisa em utilização e conservação de recurso naturais – UFSC, Florianópolis.

BARBOSA. V. **748 milhões de pessoas ainda não têm acesso à água potável, diz ONU**. 2015. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/planeta-agua/tag/recursos-hidricos/>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

BATTALHA, B. L; PARLATORE, A. C. **CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: bases conceituais e operacionais**. São Paulo: CETESB, 1997. p.198.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 02 de out. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em: 20 de nov. 2016.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@ - Santa Catarina: Criciúma**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420460>>. Acessado em: 16 de nov. 2016.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **IBGE MAPEIA OS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO PAÍS**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Estado da Saúde. Portaria n. 2.194, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acessado em: 03 de out. 2016.

BRASIL. Ministério do Estado da Saúde. Portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria36_19_01_90.pdf>. Acessado em: 03 de out. 2016.

DASSI, N. **O Custo ambiental de um progresso Eco-destruidor: uma história do rio Mãe Luzia (1930-1970)**. 2006. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Grau em Licenciatura e Bacharelado em História pesquisa em História Ambiental) – UNESC, Criciúma.

DOCOL. PLANETA ÁGUA. **PANORAMA DA ESCASSEZ DA ÁGUA NO MUNDO**. 2013. Disponível em: <<http://www.docol.com.br/planetaagua/h2o/panorama-da-escassez-de-agua-no-mundo/>>. Acessado em: 15 nov. 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. LIMA, E. J. **RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO MUNDO**. 2001. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruna/Downloads/Recursos-Hidricos-no-Brasil-e-no-Mundo.pdf>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

FREITAS, V. (VR Drone). **IPARQUE**. 2016.

GOMES, M. F. **ÁGUA: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. 2011. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf>. Acessado em: 10 nov. 2016.

GOULART, M. J. **Estudo da redução dos níveis de ferro e manganês no poço de captação de água do município de Ermo**. 2014. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Grau em Engenharia Química pesquisa em Tratamento de Água) – UNESC, Criciúma.

H2LIFE. **Desmineralizador**. Disponível em: <<http://www.h2life.com.br/desmineralizador/>>. Acessado em: 20 nov. 2016.

KREBS, A. S. J; ALEXANDRE, N. Z. **Recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Araranguá -SC: disponibilidade e conflitos**. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/24313/16318>>. Acessado em: 20 ago. 2016.

LABB – Laboratório Beckhauser e Barros. **RELATÓRIO DE ENSAIO SAMAE**. 2016. Disponível em: <http://samae.com.br/uploads/pagina/arquivos/ETA-4-Relatorio-de-Analises---Sem-Acreditacao---4795-2016_0.pdf>. Acessado em: 01 nov. 2016.

LEME, F. P.; Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SP). **Teoria e técnicas de tratamento de água**. 2 ED. São Paulo: CETESB, 1990. 424 p.

Licenciamento ambiental em Mato Grosso do Sul. **Jar-Test ou Teste de Jarro**. 2013. Disponível em: <<http://www.licenciamentoambiental.eng.br/jar-test-ou-teste-de-jarros/>>. Acessado em: 23 de set. 2016.

MACÊDO, J. A. B. de. **ÁGUAS & ÁGUAS**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p.505. MILIOLI, G. et al. **O sul do estado**. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=414>. Acessado em: 03 de out. 2016.

MORAES, F. F de; GOULARTI FILHO, A (Org.). **MEMÓRIA E CULTURA DO CARVÃO EM SANTA CATARINA: A indústria carboquímica catarinense (ICC): uma solução ou um problema?** Florianópolis: Cidade Futura, 2004. 400p.

PENA, R. A. **Distribuição da água no Brasil**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acessado em: 20 nov. 2016.

PERMUTION. **DESMINERALIZADOR DE ÁGUA INDUSTRIAL – LEITO SEPARAOP**. 2015. Disponível em: <<http://www.permution.com.br/desmineralizador-de-agua-industrial-leito-separado/>>. Acessado em: 01 nov. 2016.

PORTAL DA ECONOMIA DE SANTA CATARINA. **ECONOMIA DE SANTA CATARINA: Análise das características produtivas**. Disponível em: <<http://novosite.fepese.org.br/portaldeeconomia-sc/index.php?c=economia>>. Acessado em: 20 nov. 2016.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Desmineralizadores – resinas de troca iônica**. 2009. Disponível em: <<http://tratamentodeagua.com.br/artigo/desmineralizadores-resinas-de-troca-ionica/>>. Acessado em: 04 de out. 2016.

POSSA, M. V.; SANTOS, M. D. C. **Tratamento de Drenagem Ácida de Mina por Processo de Neutralização Controlada**. Florianópolis: Seminário Brasil, 2003.
PRATES, A. M; et al. **HIDROGRAFIA DE SANTA CATARINA**. 1986. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/viewFile/12544/11816>>. Acessado em: 20 nov 2016.

PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS. **A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA**. 2013. Disponível em: <<http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/>>. Acessado em: 15 nov. 2016.

RICHTER. A.C; AZEVEDO NETTO. J. M. **TRATAMENTO DE ÁGUA: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Blucher, 1991.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DE COORDENAÇÃO GERAL E PLANEJAMENTO – SEPLAN. **Atlas escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/mapas/atlas/AtlasBranco.pdf>>. Acessado em: 20 nov 2016.

SANTOS, V. S. dos. **Acidente em Mariana (MG) e seus impactos ambientais**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/acidente-mariana-mg-seus-impactos-ambientais.htm>>. Acessado em: 20 nov. 2016.

SOUZA, M. L. **A indústria carboquímica catarinense em Imbituba: uma história encoberta pela fumaça vermelha**. Florianópolis: UFSC, 2007. Disponível em: <<http://seer.cfh.ufsc.br/index.php/sceh/article/viewFile/67/49>>. Acessado em: 20 nov. 2016.