

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**DIOGO COPELLO DIAS**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA  
UTILIZADA PARA CULTIVO DE SOJA NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL/RS**

**CAÇAPAVA DO SUL  
2017**

**DIOGO COPELLO DIAS**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA  
UTILIZADA PARA CULTIVO DE SOJA NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Andrea Santos-Matos

**Caçapava do Sul  
2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

C782c Copello-Dias, Diogo  
CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA UTILIZADA PARA CULTIVO DE SOJA NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL/RS / Diogo Copello-Dias.  
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2017.

"Orientação: Andrea Santos-Matos".

1. Geologia Ambiental. 2. Hidroquímica. 3. Água Superficial. 4. Glifosato. I. Título.

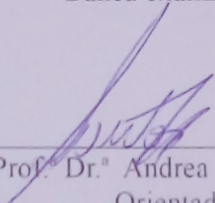
**DIOGO COPELLO DIAS**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA  
UTILIZADA PARA CULTIVO DE SOJA NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Geologia da Universidade Federal  
do Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

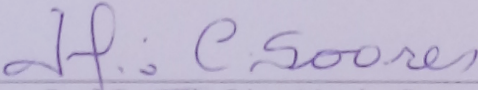
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 08/12/2017.

Banca examinadora:



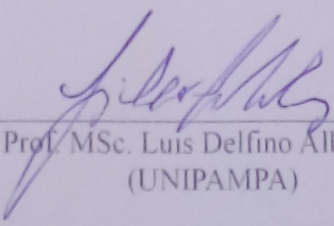
---

Prof. Dr.ª Andrea Santos-Matos  
Orientadora  
(UNIPAMPA)



---

Prof. Dr. Júlio César Mendes Soares  
(UNIPAMPA)



---

Prof. MSc. Luis Delfino Albarnaz  
(UNIPAMPA)

Dedico este trabalho a minha avó Ester pelo incentivo, suporte e carinho.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus por ter me dado saúde e perseverança para concluir esse curso de graduação.

Aos meus pais agradeço por terem se aberto ao dom da vida ao me gerarem.

A minha avó Ester por ser sempre tão amável, companheira e por acreditar no meu potencial e me guiar pelo caminho certo.

A minha irmã Danielli e minha sobrinha Rafinha por serem sempre um porto seguro e me incentivarem a seguir sempre em frente.

A Universidade Federal do Pampa e Universidade Federal de Pelotas pelos anos de aprendizado e formação. A UFSM e CORSAN por disponibilizarem seus laboratórios para análises.

Ao srs. Raquel e Potiguara Lopes por terem permitido que eu realizasse meu Trabalho de Conclusão de Curso utilizando as águas de sua propriedade.

A Profa Andrea por ter aceito ser minha orientadora e mesmo a distância ter sido sempre solícita e atenciosa.

Aos professores do Curso de Geologia por transmitirem seus conhecimentos mostrando um pouco desse vasto mundo da Geologia.

Aos técnicos do Campus, especialmente Lenon e Guilherme, pela ajuda nas saídas de campo e nas análises no laboratório.

Aos colegas e amigos Andreas, Isadora, Rael e Thiago pela parceria nesses anos em Caçapava do Sul e por todas as ajudas muito necessárias para a conclusão desse Curso.

## RESUMO

A qualidade e disponibilidade de águas superficiais são de extrema importância para o desenvolvimento da sociedade moderna. Esse trabalho tem como objetivo caracterizar hidroquimicamente um açude e um poço do tipo cacimba, em uma propriedade rural, no interior de Caçapava do Sul e determinar as características físicas e químicas dessas águas analisando possível contaminação por defensivos agrícolas utilizados no cultivo de soja. No parâmetro físico-químico foi avaliado pH, alcalinidade, dureza, condutividade, cloretos e turbidez. A busca por metais nas águas foi determinada através de fluorescência de raio-x e a presença do herbicida glifosato foi identificada através do método injeção direta em sistema de cromatografia líquida de ultra-eficiência acoplada à espectrometria de massas sequencial. No parâmetro físico-químico todos os índices mantiveram-se dentro dos padrões adotados pela legislação CONAMA 357/2005, com exceção do poço de cacimba que manteve média de pH 5,7, ligeiramente abaixo de 6,0, mínimo exigido. A fluorescência de raio-x determinou a presença de cádmio, metal pesado causador de muitas doenças. Como o método determina qualitativamente e não quantitativamente não é possível analisar se está em conformidade com as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Quanto a presença do herbicida glifosato foi constatado que a concentração de 7 µg/L está bem abaixo do aceite para águas classe 1 conforme CONAMA que é de 65 µg/L. Apesar do entorno da área estudada não possuir vegetação nativa e matas ciliares e intensa plantação de lavouras de soja, esses fatores por si só ainda não foram suficientes para alterar definitivamente a qualidade da água, pelo menos nos parâmetros físico-químicos avaliados nesse trabalho.

**Palavras-Chave:** hidroquímica, água superficial, glifosato

## ABSTRACT

The quality and availability of surface water are of utmost importance for the development of modern society. This work aims to characterize hydroquimically a dam and a cacimba well in a rural property in the interior of Caçapava do Sul and determine the physical and chemical characteristics of these waters by analyzing possible contamination by agricultural pesticides used in soybean cultivation. In the physical-chemical parameter, pH, alkalinity, hardness, conductivity, chlorides, turbidity were evaluated. The search for metals in the waters was determined by x-ray fluorescence and the presence of glyphosate herbicide was identified through the direct injection method in an ultra-efficient liquid chromatography system coupled to sequential mass spectrometry. In the physical-chemical parameter, all indices remained within the standards adopted by CONAMA legislation 357/2005, with the exception of the cacimba well that maintained an average pH of 5.7, slightly below 6.0, minimum required. X-ray fluorescence determined the presence of cadmium, a heavy metal that causes many diseases. As the method determines qualitatively and not quantitatively it is not possible to analyze whether it is in conformity with the resolutions of the National Council of the Environment. The presence of the glyphosate herbicide showed that the concentration of 7 µg / L is well below that accepted for class 1 waters according to CONAMA, which is 65 µg / L. Despite the fact that the surrounding area does not have native vegetation and riparian forests and intense plantation of soybean crops, these factors alone have not yet been enough to definitively alter water quality, at least in the physical-chemical parameters evaluated in this study.

**Key-Words:** hydrochemistry, surface water, glyphosate.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Localização da área estudada em relação ao Brasil e Rio Grande do Sul. Retângulo vermelho: área de estudo.....	13
Figura 2: Imagem de satélite demonstrando o açude (azul) onde foram feitas as coletas para análises laboratoriais. Fonte: Adaptado de Google Earth.....	14
Figura 3: Diferentes estágios do Ciclo Hidrológico. Fonte: Evans; Perlman (2016).....	16
Figura 4 Tipos de solos presentes em Caçapava do Sul/RS. Fonte: Adaptado de Embrapa (1999).....	20
Figura 5 Mapa Geológico Simplificado do sudoeste rio-grandense. Fonte: Nardi e Bitencourt (2007).....	22
Figura 6. Valores de pH obtidos em março e setembro de 2017.....	25
Figura 7. Demonstração dos resultados de pH, comparando os meses de março e setembro..	25
Figura 8. Valores de alcalinidade obtidos em março e setembro de 2017.....	26
Figura 9. Demonstração dos resultados de alcalinidade, comparando os meses de março e setembro.....	27
Figura 10. Valores de Dureza Total obtidos em março e setembro de 2017.....	28
Figura 11. Demonstração dos resultados de Dureza Total, comparando os meses de março e setembro.....	28
Figura 12. Valores de Condutividade obtidos em março e setembro de 2017.....	29
Figura 13. Demonstração dos resultados de Condutividade, comparando os meses de março e setembro.....	29
Figura 14. Valores de Cloretos obtidos em março e setembro de 2017.....	30
Figura 15. Demonstração dos resultados de Cloretos, comparando os meses de março e setembro.....	30
Figura 16. Valores de Turbidez obtidos em março e setembro de 2017.....	31
Figura 17. Demonstração dos resultados de Turbidez, comparando os meses de março e setembro.....	31
Figura 18. Demonstração dos resultados de Fluorescência de Raio-X.....	32



## SUMÁRIO

1	Introdução.....	10
2	Objetivos Gerais.....	12
3	Justificativa.....	12
4.	Área de Estudo.....	12
5.	Revisão Bibliográfica.....	15
5.1	Histórico.....	15
5.2	Ciclo hidrológico.....	17
5.3	Hidrogioquímica.....	17
5.4	Conselho Nacional do Meio Ambiente.....	18
5.5	Pedologia.....	19
6	Contexto Geológico.....	21
6.1	Terreno São Gabriel.....	21
6.2	Complexo Metamórfico Passo Feio.....	21
6.3	Complexo Granítico Caçapava do Sul.....	21
6.4	Bacia do Camaquã.....	22
6.5	Geologia Local.....	23
7	Materiais e Métodos.....	24
7.1	Potencial Hidrogeniônico.....	24
7.2	Alcalinidade.....	25
7.3	Dureza Total.....	25
7.4	Condutividade elétrica.....	25
7.5	Cloretos.....	26
7.6	Turbidez.....	26
7.7	Fluorescência de Raio-X.....	26
8	Resultados e Discussão.....	26
8.1	Potencial Hidrogeniônico.....	26
8.2	Alcalinidade.....	28
8.3	Dureza Total.....	29
8.4	Condutividade.....	31
8.5	Cloretos.....	32
8.6	Turbidez.....	33
8.7	Fluorescência de Raio-X.....	35
8.8	Herbicida Glifosato.....	36
9	Considerações Finais.....	36
10	Referências.....	38

## 1 Introdução

A água é uma das substâncias mais abundantes do planeta Terra. É parte integrante da maioria dos seres vivos, tanto animais como vegetais, e está presente em muitos minerais. A água potável é fundamental para a vida. As civilizações modernas têm desenvolvido técnicas para transportar a água a grandes distâncias e tem conseguido administrá-la de maneira que se possa usá-la e reutilizá-la de forma adequada.

Até o século XVII, essa substância chamada de “o solvente universal”, era considerada como um único elemento. O químico inglês Cavendish foi quem sintetizou a água pela primeira vez a partir da combustão do ar e hidrogênio. Entretanto, os resultados desse experimento não foram interpretados corretamente por muitos anos. Posteriormente, Lavoisier propôs que a água não era um único elemento, mas um composto formado por oxigênio e hidrogênio, sendo sua fórmula molecular H<sub>2</sub>O (CARNEIRO, 2006).

O volume total de água no mundo permanece constante. O que muda é a qualidade e a disponibilidade. A água está constantemente reciclando-se, formando um sistema conhecido como o ciclo da água ou ciclo hidrológico. Em termos de volume total, 97,5% da água do planeta é salgada, sendo 99,99% dela presente nos oceanos, o restante forma os lagos salinos. Isto significa que somente 2,5% do volume da água no mundo é doce (GARCEZ; ALVAREZ, 2016). Segundo os mesmos autores, nem toda a água doce está disponível para o consumo humano. Cerca de 75% desta água está confinada em calotas polares e em glaciares, adicionalmente, 24% está localizada no subsolo formando as águas subterrâneas. Isso significa que menos de 1% do total da água doce se encontra em lagos, rios e no solo. Somente 0,01% da água do mundo está em lagos e rios, portanto, ainda que aparente haver muita água, há na realidade pouquíssima disponível para o consumo humano.

Dentro do ciclo hidrogeológico a água está em constante movimento, controlado pela energia solar. O sol provoca a evaporação dos oceanos, formando as nuvens e as precipitações. A evaporação também ocorre nos lagos, rios e solo, de onde as plantas contribuem com quantidades significativas de água pela evapotranspiração. Cerca de 80% das precipitações voltam a cair nos oceanos, o restante cai sobre os continentes (PINTO, 2003). O ciclo da água depende de uma série de fatores relacionados entre si, como a quantidade de precipitações, o tempo e o espaço em que se tem lugar essas precipitações e as próprias características edafológicas (composição, estrutura e vegetação do substrato). A qualidade e a quantidade da água superficial dependem da combinação entre o clima e fatores geológicos. As precipitações trazem quantidades significativas de matéria

sólida à terra como o poeira, pólen, cinzas, bactérias, esporos e sedimentos em geral. As emissões domésticas e industriais na atmosfera também incorporam materiais às nuvens que posteriormente são devolvidas à terra por meio das chuvas.

A geologia local também interfere na qualidade e quantidade das águas superficiais. Em geral, rochas que são ricas em minerais que possuem cálcio e magnésio em sua composição, originam uma água dura com pH variando de neutro a alcalino, por exemplo.

Em termos gerais, a água possui um grande número de íons que formam diversos compostos. Os cátions mais abundantes são cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), sódio ( $\text{Na}^{+}$ ), potássio ( $\text{K}^{+}$ ), e em menor quantidade ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ). Os ânions mais comuns presentes nas águas superficiais são o carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^{-}$ ) (HIPÓLITO; VAZ, 2011).

O governo brasileiro por intermédio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) editou uma série de resoluções afim de regular o uso, distribuição e qualidade das águas. Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, bem como ciente de que a saúde, o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico não devem ser afetados pela deterioração das águas.

O uso da terra, incluindo a urbanização e a industrialização, afetam significativamente a qualidade da água, sendo a agricultura a que produz o efeito mais profundo nos recursos, devido à natureza dispersa e extensa da mesma. O cultivo de soja gera a maior renda nas produções de verão no estado do Rio Grande do Sul, por isso manter e aperfeiçoar a sua produção requer um cuidado especial por parte de todos os envolvidos (STRIEDER; BERTAGNOLLI, 2006). Atualmente, o herbicida glifosato, que representa 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos, é muito utilizado em lavouras de soja, ele possui comprovada eficiência na eliminação de ervas daninhas. Apesar do glifosato ser considerado pouco tóxico, há estudos que mostram que ele possui efeitos nocivos ao meio ambiente quando usado por tempo prolongado (CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008).

A situação do município de Caçapava do Sul não é exceção à problemática exposta, por isso se faz necessário um controle de suas águas superficiais. Baseando-se em critérios de qualidade estabelecidos para que se possa tomar as medidas pertinentes através de estratégias que levem a manutenção da qualidade natural das águas superficiais.

## **2 Objetivos Gerais**

Caracterizar hidroquimicamente um açude e um poço do tipo cacimba, em uma propriedade rural, no interior de Caçapava do Sul e determinar as características físicas e químicas dessas águas analisando possível contaminação por defensivos agrícolas utilizando injeção direta em sistema de cromatografia líquida de ultra-eficiência acoplada à espectrometria de massas sequencial (UHPLC-MS/MS).

### **2.1 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos destacam-se:

- • Caracterização dos parâmetros pH, Condutividade Elétrica, Turbidez, Alcalinidade Total, Dureza Total e Cloretos.
- • Caracterização da contaminação das águas superficiais a partir de análises de Fluorescência de Raio-X buscando identificar S, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, Cd, Sn, Sb, Ce, Hf, Ta, W, Pt, Au, Hg, Pb, Bi, Th, U.
- • Identificar possíveis contaminantes, oriundos dos defensivos agrícolas utilizados na lavoura de soja, presente nas águas utilizando injeção direta em sistema UHPLC-MS/MS.

## **3 Justificativa**

No município de Caçapava do Sul são escassos os estudos que buscam conhecer os parâmetros físico-químicos das águas superficiais e o impacto do uso de defensivos agrícolas utilizado nos cultivos. A caracterização e análise das águas superficiais visam contribuir para melhor conhecimento dos parâmetros locais bem como determinar possível contaminação por meio da utilização de defensivos agrícolas e os riscos que os mesmos podem gerar ao meio-ambiente.

As atividades humanas exercem um impacto significativo na qualidade das águas, sendo as superficiais particularmente mais vulneráveis à contaminação. Tendo em vista a falta de monitoramento e o uso indiscriminado de defensivos agrícolas, a reutilização da água pode estar comprometida, prejudicando a utilização posterior para os mais variados fins.

## **4. Área de Estudo**

A área de estudo localiza-se a oeste da sede do município de Caçapava do Sul na divisa com o município de São Sepé (Fig. 1). Deve-se seguir a oeste na BR 290 sentido Vila Nova do Sul

por 17 km, a partir do entroncamento com a BR 392, até o distrito do Cerrito do Ouro (São Sepé). Através de acesso por estrada municipal não pavimentada percorre-se 23 km em sentido sul para chegar a propriedade rural onde está inserida a área de estudo.

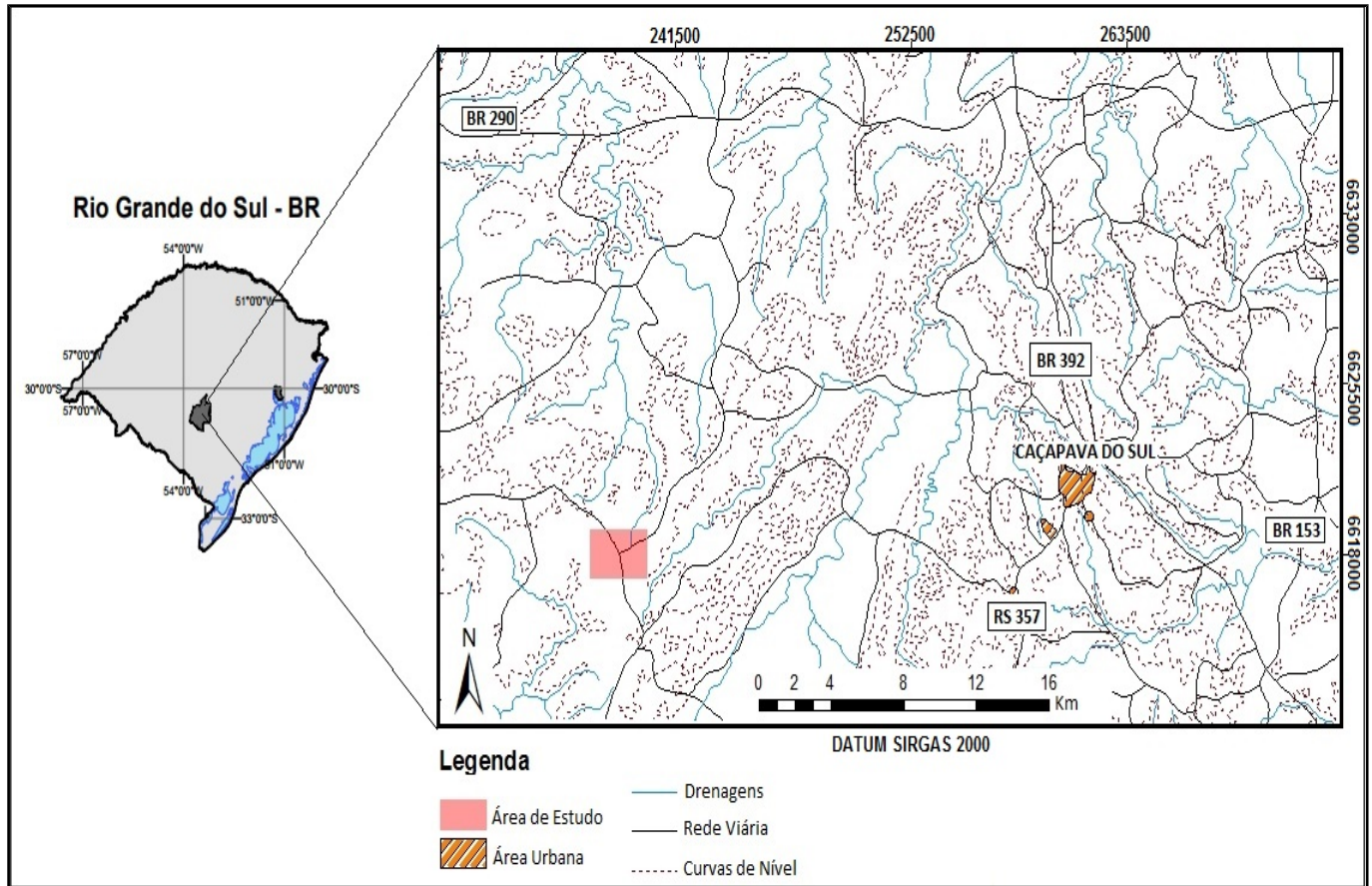


Figura 1 Localização da área estudada em relação ao Brasil e Rio Grande do Sul. Retângulo vermelho: área de estudo.

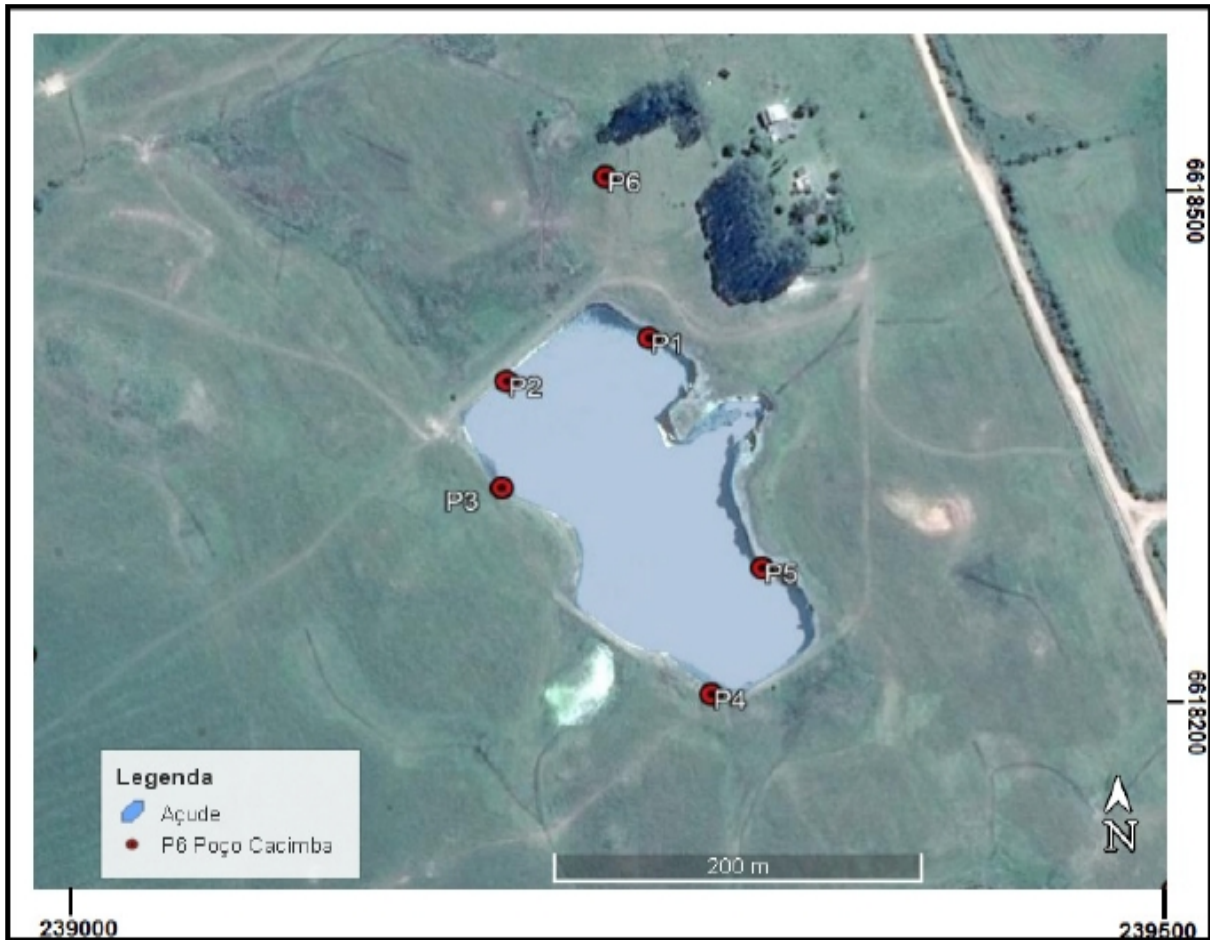


Figura 2: Imagem de satélite demonstrando o açude (azul) onde foram feitas as coletas para análises laboratoriais. Fonte: Adaptado de Google Earth.

A área de estudo é composta por um açude com 2,14 ha de área (Fig. 2). Em todo o entorno dos corpos d'água há extensa plantação de lavoura de soja.

## **5. Revisão Bibliográfica**

### **5.1 Histórico**

A Hidrologia é a ciência que estuda a água em sua mais ampla acepção. O estudo das águas está intimamente ligado a história da humanidade. As primeiras sociedades de assentaram nas proximidades dos rios e lagos com o objetivo de utilizar a água para o consumo da população, para a rega dos cultivos e para o transporte. O primeiro problema da hidrologia se constituiu na transformação mecânica da água, seu traslado e distribuição (LAMAS, 1993).

Há muitas evidências das práticas de gestão hidráulica pelos sumérios e egípcios no Oriente Médio e por parte dos chineses próximo ao Rio Amarelo (BISWAS, 1972). As evidências arqueológicas confirmam que foram construídas estruturas hidráulicas para possibilitar a rega e outras atividades. Uma represa foi construída no Rio Nilo ao redor de 4.000 a.C. e posteriormente, se construiu um canal para conduzir água doce entre Cairo e Suez. Similares obras hidráulicas foram construídas pelos incas no Peru. Tales de Mileto (640-584 a.C.) destacou o papel que teria a água na formação do planeta Terra, afirmando que ela seria a fonte de todos os outros elementos (LINDBERG, 2008).

Aristóteles (384-322 a.C.) contribuiu para os conhecimentos hidrológicos e meteorológicos de sua época. De acordo com seus critérios, os oceanos constituíam as bases da Terra, se sua evaporação se formavam as nuvens, as quais, ao condensar-se, produziam a chuva que originava os rios, e esses, por sua vez, alimentavam os oceanos (BISWAS, 1972). Estas foram as primeiras ideias ainda que simplistas do atual ciclo hidrológico. Entretanto, naquela época se supunha que a quantidade de precipitação não bastava para alimentar as reservas de água subterrânea, que em parte era fornecida desde os oceanos até a terra.

Durante a Idade Média acreditava-se que a água a terra “digeria o sal da água do mar e excretava nos rios e mananciais” (Johannes Kleper, 1571-1630), e que o escoamento total era equivalente ao volume de água das precipitações. Foi somente em 1650 que o francês Perreault descobriu, em um estudo realizado na bacia do rio Sena, que o volume desse rio representava somente a sexta parte do volume anual de precipitações. No século XV, Leonardo Da Vinci (1452-1511) retomou estas ideias e tratou de calcular os principais componentes do ciclo da água, encontrando relações exatas entre a área, as velocidades e o fluxo dos rios. B. Palissy (1510-1589) disse que “a infiltração das precipitações alimenta as águas subterrâneas” (DAVIE, 2003).

Halley, astrônomo inglês (1656-1742), usou um pequeno recipiente para estimar a evaporação do Mar Mediterrâneo e concluiu que este era suficiente para alimentar os rios da bacia. Com o descobrimento do barômetro (Torricelli) e com o emprego do pluviômetro (Benedicto Castelli) no século XVII, assim como as medições de fluxo dos rios no século XVIII (Pitrot, 1731 e Woltman, 1790), criaram-se as bases científicas para a medição dos principais componentes do ciclo da água. Os trabalhos experimentais do engenheiro Darcy (1803-1858) constituíram um passo fundamental no desenvolvimento da Hidrologia moderna (LAMAS, 1993).



## 5.2 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico ou o ciclo da água (Fig. 3) é um processo contínuo no qual a água é evaporada desde os oceanos, se move até os continentes como humidade do ar e produz precipitação. A precipitação que cai sobre os continentes se distribui por vários caminhos. Uma parte é retida no solo e volta a atmosfera por evaporação (conversão de água líquida em vapor de água), ou pode passar a atmosfera na forma de vapor mediante respiração das plantas (transpiração). A combinação de ambos os fenômenos é chamada de evapotranspiração. Outra porção se converte em escoamento superficial que alimenta os rios. Finalmente, uma parte entra no solo como infiltração (escoamento subterrâneo). As águas superficiais e subterrâneas se movem até zonas de mais baixa altitude e finalmente ocorre a descarga no mar onde pode voltar a atmosfera (GARCEZ; ALVAREZ, 2016).



Figura 3: Diferentes estágios do Ciclo Hidrológico. Fonte: Evans; Perlman (2016).

## 5.3 Hidrogeoquímica

As águas adquirem sua composição mediante um processo complexo, de onde interferem fatores geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos, antrópicos, físico-químicos e outros (FETTER, 2000).

Os fatores geológicos se relacionam com a litologia (composição mineral das rochas), o estado de disposição de sequências estratigráficas, da tectônica, do faturamento, da textura e porosidade das rochas. A litologia determina, em geral, as fácies hidroquímicas dominantes em uma região (HIPÓLITO; VAZ, 2011). Os aspectos vinculados ao faturamento e porosidade das rochas influenciam de maneira determinante no estado de divisão das partículas, quanto menores forem, terão maior superfície e facilitará a dissolução mineral.

Os fatores hidrogeológicos estão relacionados com a permeabilidade do aquífero, do tipo de fluxo, sua velocidade, assim como a zona por onde a água se move. Todos estes aspectos incidem no tempo de contato entre a água e o mineral. Se o tempo de interação da água com os minerais é mais lento, a quantidade de minerais dissolvidos é maior comparando com um fluxo do tipo turbulento. O conteúdo de CO<sub>2</sub>, a dureza e outras propriedades físico-químicas das águas diferem de acordo com a forma em que se movem e a zona hidrogeológica que ocupam (FETTER, 2000).

Os tipos de solo também influenciam sobre a composição química das águas. O solo pode ser resultado do intemperismo da rocha ou tratar-se de uma cobertura de origem pluvial ou fluvial. Cabe destacar o papel que desempenha o fator antrópico na composição química das águas. A atividade humana causa uma deterioração progressiva da qualidade de águas superficiais e subterrâneas (GARCEZ; ALVARES, 2016).

Em um dado momento da trajetória das águas, a composição química é o resultado de interações mais ou menos prolongadas dos fluxos com o meio ambiente. Nessas interações a água atua como um agente geológico que origina diferentes fenômenos naturais mediante processos de dissolução de gases e minerais, precipitação, hidrólise, hidratação, oxidação, redução, mistura de águas e intercâmbio iônico.

#### **5.4 Conselho Nacional do Meio Ambiente**

Com o objetivo de preservar a qualidade dos recursos hídricos, de forma que se possa utilizar racionalmente em benefício da economia, se estabeleceu diferentes tipos de regulações afim de evitar a contaminação e minimizar os riscos de contaminação.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é um órgão consultivo e deliberativo que faz parte do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA. O Conselho foi criado em 1981, fruto de uma Lei Federal que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. O

Conselho edita resoluções e recomendações a fim de regular o uso, distribuição e qualidade das águas brasileiras.

### 5.5 Pedologia

A atual classificação pedológica do Brasil consiste na evolução do antigo sistema americano. Os conceitos e as denominações centrais deste antigo sistema evoluíram e originaram a Soil Taxonomy e formam a base da atual classificação brasileira, cuja esquematização atual deriva de modificações de critérios, alteração de conceitos, criação de novas classes, desmembramento de algumas classes originais e formalização de reconhecimento de subclasses, conforme Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos - SiBCS (EMBRAPA, 1999).

Na área superficial do município de Caçapava do Sul existem pelo menos cinco tipos de solos distribuídos em unidades de mapeamento (Fig. 4), de acordo com a classificação da EMBRAPA – 1999:

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Características</b>
Argissolo Vermelho	Solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural (horizonte diagnostico que caracteriza a classe de solo), de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Apresentam argila de atividade baixa e saturação por bases alta (proporção na qual o complexo de adsorção de um solo está ocupado por cátions alcalinos e alcalino-terrosos).
Latossolo Vermelho	Apresentam cores vermelhas acentuadas, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, e características de cor, textura e estrutura uniformes em profundidade. Por serem profundos e porosos

	<p>ou muito porosos, apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, principalmente se forem eutróficos (de fertilidade alta).</p>
Chernossolo Ebânico	<p>Solos de cores escuras, quase pretas, em consequência do movimento descendente de matéria orgânica desde a superfície até camadas mais profundas. São altamente férteis, mas em algumas áreas podem apresentar limitações de profundidade até a rocha, restrição de drenagem prejudicando a mecanização. Outras limitações referem-se à plasticidade e pegajosidade interferindo no preparo do solo.</p>
Planossolo Hidromórfico	<p>Solos minerais que apresentam desargilização (perda de argila) vigorosa da parte superficial e acumulação ou concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial, conferindo como características distintivas marcantes, uma mudança textural normalmente abrupta ou transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B.</p>
Neossolo Litólico	<p>Compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos</p>

Figura 4 Tipos de solos presentes em Caçapava do Sul/RS. Fonte: Adaptado de Embrapa (1999).

Na área de estudo predomina o Neossolo Litólico com horizonte sobre rocha de aproximadamente 60 cm.

## **6 Contexto Geológico**

### **6.1 Terreno São Gabriel**

Uma das divisões geotectônicas do Escudo sul-rio-grandense localiza-se no centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Fig. 5), é limitado a sudoeste pelo Terreno Taquarembó através do Lineamento de Ibaré (HARTMANN; CHEMALE JR; PHILIPP, 2007) e a leste com as unidades da Bacia do Camaquã pela sutura de Caçapava (COSTA, 1997). Nele localizam-se as cidades de Caçapava do Sul, Vila Nova do Sul, São Gabriel e Lavras do Sul. Jost e Hartmann (1984) definem como um bloco que contém muitos eventos do Ciclo Brasileiro. Trabalho de Machado, Koppe e Hartmann (1990) e Remus et al. (1997) realizado nas rochas do Terreno São Gabriel estabeleceram idades geocronológicas entre 770 e 700 Ma para o magmatismo e metamorfismo, das rochas metavulcânicas e metassedimentares do terreno.

### **6.2 Complexo Metamórfico Passo Feio**

O Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF) pertence ao Domínio São Gabriel e localiza-se em regiões circundantes ao Granito Caçapava do Sul. É composto por metapelitos, anfíbolitos, rochas metavulcanoclásticas, metavulcânicas, mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos, metaconglomerados e xistos magnesianos (RIBEIRO, Maurício; RIBEIRO, Marcelo J., 1966; BITENCOURT, 1983; REMUS et al., 2000). Soliani Jr. (1986) através de datações de K/Ar em muscovitas define uma idade de 556 Ma, para a formação do complexo. Remus et al. (2000) dataram U/Pb em zircões detríticos, e definiu a idade de  $2053 \pm 43$  Ma. para a cristalização ígnea da rocha fonte e 700 Ma. para o evento metamórfico do CMPF.

### **6.3 Complexo Granítico Caçapava do Sul**

Bitencourt (1983) define o Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS) como uma rocha intrusiva com dimensões de 250 Km<sup>2</sup>, apresentando três fácies diferentes: Biotita granitoide, leucogranitóides e granitoides transicionais. A fácie biotita granitoide ocorre nas porções sul, sudoeste e oeste do granito. A fácie leucogranitóide ocorre na porção norte do granito. A fácie granitoides transicionais ocorre na porção central do granito. Petrograficamente, o Granito Caçapava do Sul é composto basicamente por leucogranitos, monzogranitos e granodioritos,

tonalitos e quartzo-dioritos. Os principais minerais acessórios são apatita, zircão, titanita, pirita e magnetita (REMUS et al., 1999).

#### **6.4 Bacia do Camaquã**

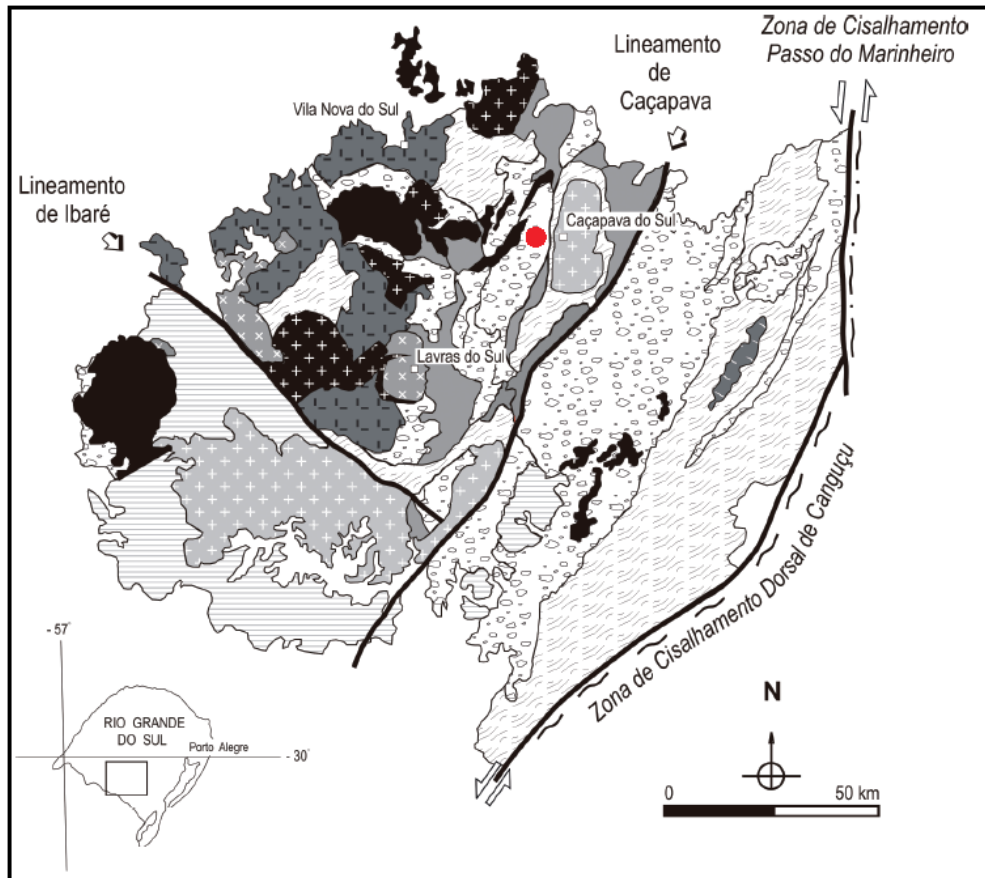
Paim, Chemale & Lopes (2000) relacionam a formação da Bacia do Camaquã aos estágios finais do Ciclo Brasileiro/Pan Africano. Afirmam que ela foi depositada em uma depressão tectônica, onde se preservou registros de bacias que se sucederam ao longo do tempo. Localizada na porção central do ESRG, a sequência deposicional que predomina na bacia é constituída por depósitos Vulcano-sedimentares, acumuladas desde o final do Neoproterozóico até o Ordoviciano.

A Bacia é subdividida em cinco unidades principais: Maricá, Bom Jardim, Acampamento Velho, Santa Bárbara e Guaritas (BORBA et al., 2006). O Grupo Maricá compreende três pacotes sedimentares (BORBA et al., 2008). O primeiro pacote é representado por depósitos flúvio-aluviais de canais entrelaçados, composto por depósitos conglomeráticos e arenitos subarcosianos (BICCA, 2013). O pacote intermediário é possui depósitos de ambiente marinho raso, com fácies deposicionais associadas a turbiditos (PAIM; CHEMALE; LOPES). O pacote superior tem arenitos com estratificação cruzada acanalada de grande porte (BORBA et al., 2006).

O Grupo Bom Jardim representa uma unidade vulcano-sedimentar localizada sobre o Grupo Maricá em discordância angular. Ocorrem fácies que variam de ritmitos pelíticos a arenoso-pelíticos, ritmitos areníticos e pelitos com estruturas do tipo gretas de contração (PAIM; CHEMALE; LOPES, 1995). A Formação Acampamento Velho está sobre as unidades Maricá e Bom Jardim em discordância angular. A unidade é representada por uma série vulcânica bimodal, possuindo rochas basálticas (base) e riolíticas (topo) (ALMEIDA et al., 2002).

O Grupo Santa Bárbara recobre as rochas da Formação Acampamento Velho (PAIM; CHEMALE; LOPES, 2000). É composto por rochas areníticas, conglomeráticas e siltosas avermelhados. A unidade possui origem continental, e contém fácies de leques aluviais, frente deltaica aluvial, lacustre e de canais fluviais entrelaçados (BORBA et al., 2006).

O Grupo Guaritas está no topo da Bacia do Camaquã, é composto por duas unidades limitadas por discordância do tipo erosiva, formação Pedra Pintada e formação Varzinha. A Formação Pedra Pintada possui rochas areníticas finas à médias, bem selecionados, conglomerados, arenitos grossos e pelitos. A Formação Varzinha é composta por arenitos finos a muito grossos seguido por depósitos eólicos na base e recobertos por uma sucessão lacustre (PAIM; CHEMALE; LOPES, 2000).



### LEGENDA












MAGMATISMO POST-COLLISIONAL NEOPROTEROZOICO		Rochas vulcânicas do tipo A		Granitóides do tipo A
		Rochas vulcânicas de afinidade shoshonítica		Granitóides de afinidade shoshonítica
		Granitóides subcalinos		Área de Estudo
		Seqüências vulcanossedimentares neoproterozóicas de cobertura		
		Magmatismo tardi- a pós-arco continental neoproterozóico		Seqüências metamórficas supracrustais
		Complexo Granulítico Arqueano / Paleoproterozóico		Magmatismo de arco continental paleoproterozóico

Figura 5 Mapa Geológico Simplificado do sudoeste rio-grandense. Fonte: Nardi e Bitencourt (2007).

## 6.5 Geologia Local

Na área de estudo predomina rochas da Formação Maricá, unidade basal da Bacia do Camaquã. A sucessão inferior é dominada por arenitos arcoseanos alterados e friáveis, com estratificação cruzada acanalada e planar. Seixos e blocos muito arredondados, de composição predominante granito-gnáissica, formam lentes ou se distribuem de maneira dispersa nas camadas e planos de estratificação (BORBA et al., 2006). A sucessão superior, novamente de origem fluvial e



com até 300 metros de espessura, é composta por arenitos grossos a conglomeráticos, dispostos em camadas lenticulares, com estratificação cruzada acanalada, planar e horizontal. Os arenitos da sucessão inferior são arcóseos e caracterizam-se, por granulometria variável, seleção pobre e grãos muito angulosos (BORBA et al., 2008).

## 7 Materiais e Métodos

As coletas de água foram realizadas nos meses de março e setembro de 2017. Os frascos para coleta foram preparados e higienizados em laboratório de química. Em campo, após a coleta dos seis pontos de interesse, a água foi acondicionada em garrafinhas plásticas de 1 L de volume (Figura 5), então, as garrafas foram transferidas para caixa térmica para posterior análise em laboratório.



Figura 5 Coleta de água em açude. Fonte: Autor.

### 7.1 Potencial Hidrogeniônico

O pH é uma medida de acidez ou alcalinidade de uma solução. O pH indica a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) presentes em uma determinada solução. Para medir se utiliza um equipamento denominado pHmetro que realiza a medição por um método potenciométrico. Este método se baseia no fato de que entre duas soluções com diferentes  $H^+$  se estabelece uma diferença de potencial. Esta diferença de potencial determina que quando as duas soluções ficam em contato



se produz um fluxo de H<sup>+</sup>, gerando uma corrente elétrica. Um pH igual a 7,0 é neutro, abaixo desse valor é ácido e acima é básico ou alcalino (GARCEZ, 2004).

### 7.2 Alcalinidade

A alcalinidade é definida como a capacidade de uma água neutralizar ácidos. Esta propriedade deve principalmente pela presença de compostos como bicarbonatos e silicatos. Águas com teor alto de alcalinidade são capazes de manter seu pH relativamente estável, o que é conhecido como efeito tampão (GARCEZ, 2004). A medição é feita através do método titulométrico. Transfere-se 100 ml de amostra para um bécker de 250 ml e adiciona o indicador verde de bromocresol, depois de completar a bureta com 50 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> inicia-se a titulação. A Alcalinidade total é dada pela fórmula:

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{N \text{ H}_2\text{SO}_4 * V \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ gast}}{\text{vol. amostra}}$$

### 7.3 Dureza Total

É o valor que exprime o conteúdo total de íons de cálcio e magnésio dissolvidos nas águas. É expressa em mgCaCO<sub>3</sub>/L (GARCEZ, 2004). O procedimento inicia-se pipetando 100 ml de amostra e transferindo para um erlenmeyer de 250 ml. Depois adiciona-se 1 mL de solução tampão e uma ponta de espátula de eriocromo. Na bureta adiciona-se 50 ml de EDTA 0,02 N. Realiza-se a titulação até a viragem da cor vermelha para o azul. A dureza total é dada por:

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{N \text{ EDTA} * V \text{ EDTA} \text{ gasto} * 500}{\text{vol. amostra}}$$

### 7.4 Condutividade elétrica

A CE é uma medida de estimativa de total de sólidos dissolvidos. Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água são capazes de conduzir corrente elétrica. Há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a CE, este método analítico é utilizado para detectar águas salobras e salinas (SANTOS, 2000). Os principais parâmetros que influenciam na condutividade elétrica são a quantidade de íons dissolvidos na solução, mobilidade destes íons e temperatura da água. A unidade no Sistema Internacional é miliSiemens/cm<sup>2</sup>. Usa-se o medidor de condutividade elétrica com dois eletrodos, um detecta a corrente elétrica enviado para outro, o

laboratório de química da UNIPAMPA possui um condutivímetro que compensa a temperatura automaticamente, já que o equipamento é bastante sensível a variações desse tipo.

### **7.5 Cloretos**

Possui fórmula iônica  $\text{Cl}^-$  e é um dos íons mais comuns presentes nas águas. Não oferece risco a saúde humana, porém em concentrações muito alta inviabiliza o uso agrícola e pode prejudicar as tubulações e encanamentos (GARCEZ, 2004). O procedimento para determinação inicia com a transferência de 100 ml de amostra para um Erlenmeyer. Adiciona-se 1 ml de indicador de cromato de potássio. Completa-se a bureta com 50 ml de  $\text{AgNO}_3$  0,0141 N.

### **7.6 Turbidez**

O método nefelométrico é baseado na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, comparando com uma solução padrão. Uma turbidez alta significa que uma grande quantidade de luz foi espalhada (GARCEZ, 2004). Usa-se o Turbidímetro para realizar a leitura e a unidade expressada é em unidades nefelométricas de turbidez (UNT). A leitura é feita em cubetas de 30 ml e a fonte de luz é uma lâmpada de filamento de tungstênio. O equipamento está disponível no LATRAM da UNIPAMPA.

### **7.7 Fluorescência de Raio-X**

Consiste em emissão de raios-X secundários (ou fluorescentes) característicos de um material que é excitado ao ser bombardeado com raios de alta energia (raios gama). Este fenômeno é muito utilizado para análises elementares e análises químicas, particularmente para investigação de metais (JENKINS, 1999). De acordo com o manual do equipamento Brüker S1 TurboSD Handheld XRF Analyser, de propriedade da UNIPAMPA, a presença de metais de número atômico entre 12 e 92 é detectada com bastante acurácia.

## **8 Resultados e Discussão**

### **8.1 Potencial Hidrogeniônico**

As variações do parâmetro pH nos pontos de coleta e suas médias encontram-se ilustradas na Figura 6 e no gráfico da Figura 7. Os valores obtidos neste trabalho estão dentro do intervalo de 5,62, a 7,97 unidades de pH, definidos para classificação das águas da Resolução nº 357 CONAMA (2005) como classe 1.

	MARÇO	SETEMBRO
PONTO 1	7,74	7,97
PONTO 2	7,9	7,52
PONTO 3	7,71	7,14
PONTO 4	7,43	6,98
PONTO 5	7,22	7,1
PONTO 6	5,62	5,83

Figura 6. Valores de pH obtidos em março e setembro de 2017.

Como pode ser visualizado na Figura 6, para a primeira coleta o ponto 6 (cacimba) apresentou o menor valor de pH, 5,62. Os maiores valores foram encontrados nos pontos 1 e 2. A média de pH de todos pontos foi 7,27 para o mês de março..

Na segunda coleta o ponto 6 apresentou menor pH no valor de 5,83 e o ponto 1 o valor maior sendo 7,97. A média do pH para essa campanha foi de 7,09. Os resultados para pH obtidos estão apresentados na Figura 7.

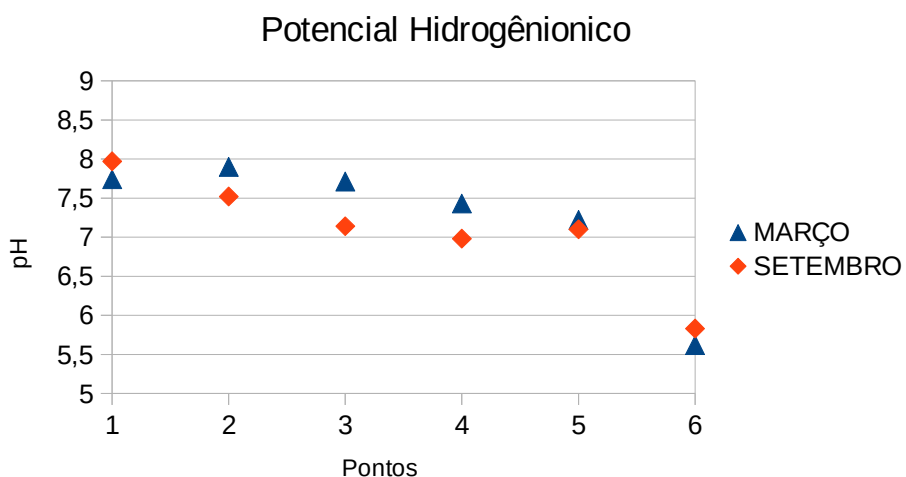


Figura 7. Demonstração dos resultados de pH, comparando os meses de março e setembro.

O pH é uma variável importante para análise de potabilidade e qualidade das águas. As águas destinadas para irrigação e criação de peixes devem apresentar valores de pH entre 6,0 e 9,0, de acordo com a resolução 357 do CONAMA para se enquadrarem nas Classes 1, 2 e 3. O valor médio para esta variável foi 7,18 levando-se em consideração os dois meses que foi realizada a campanha, demonstrando que o pH do reservatório encontra-se dentro da faixa estabelecida, tanto para os padrões do Ministério da Saúde quanto para a Resolução CONAMA 357/2005 e critérios de proteção da vida aquática.

O poço do tipo cacimba foi o que apresentou o menor valor de pH. Estudos de Marotta (2008) demonstram que o excesso de matéria orgânica pode contribuir para a redução do pH devido à liberação de gás carbônico em meio aquoso. No caso do açude a média do valor do pH superior a 7 indica que o desenvolvimento de flora e fauna torna-se mais estável, propiciando o desenvolvimento de diferentes espécies.

## 8.2 Alcalinidade

As variações do parâmetro alcalinidade nos pontos de coleta e suas médias encontram-se ilustradas na Figura 8 e no gráfico das Figura 9. Os valores obtidos neste trabalho estão dentro do intervalo de 11,76 mg CaCO<sub>3</sub> a 41,16 mg CaCO<sub>3</sub>.

<b>Alcalinidade (mg CaCO<sub>3</sub>)</b>		
	<b>MARÇO</b>	<b>SETEMBRO</b>
<b>PONTO 1</b>	<b>14,7</b>	<b>21,56</b>
<b>PONTO 2</b>	<b>11,76</b>	<b>23,52</b>
<b>PONTO 3</b>	<b>13,72</b>	<b>21,56</b>
<b>PONTO 4</b>	<b>13,72</b>	<b>27,44</b>
<b>PONTO 5</b>	<b>15,68</b>	<b>25,48</b>
<b>PONTO 6</b>	<b>16,66</b>	<b>41,16</b>

Figura 8. Valores de alcalinidade obtidos em março e setembro de 2017.

Como pode ser visualizado na Figura 8, para a primeira coleta o ponto 2 apresentou o menor valor de alcalinidade 11,76 mgCaCO<sub>3</sub>. Os maiores valores foram encontrados nos pontos 5 e 6. A média de alcalinidade de todos pontos foi 14,37 mgCaCO<sub>3</sub> para o mês de março.

Na segunda coleta os pontos 1 e 3 apresentaram menor alcalinidade no valor de 21,56 mgCaCO<sub>3</sub> e o ponto 6 o valor maior sendo 41,16 mgCaCO<sub>3</sub>. A média da alcalinidade para o mês de setembro foi de 26,78. Os resultados para alcalinidade estão na figura 9.

A alcalinidade é a capacidade que a água possui de neutralizar ácidos. É, normalmente, função dos carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos contidos na água e é tido como indicador da concentração destes constituintes.

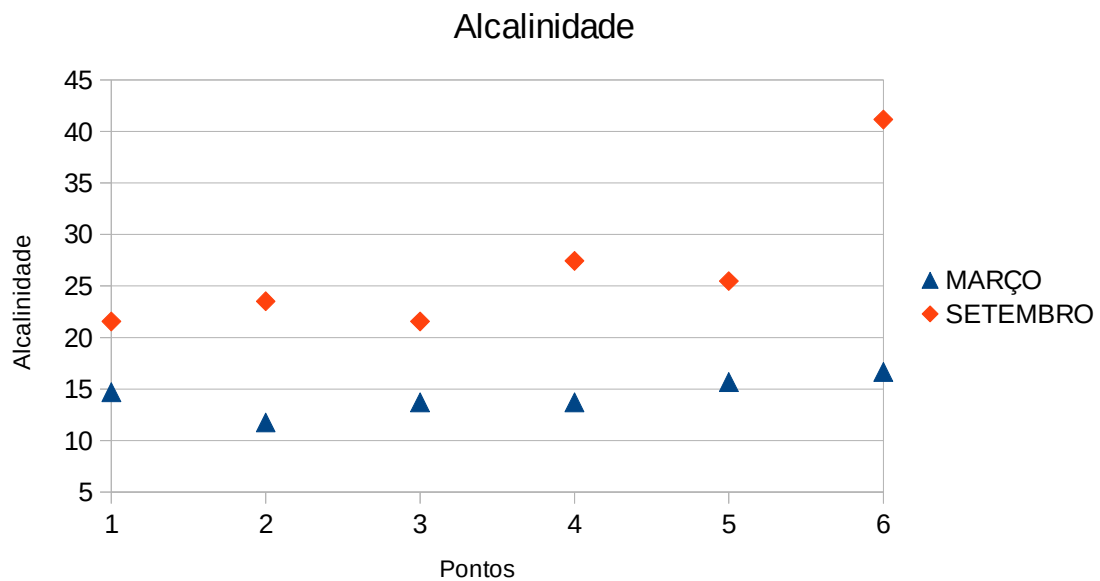


Figura 9. Demonstração dos resultados de alcalinidade, comparando os meses de março e setembro.

Como o pH manteve-se abaixo de 9,4 pode-se afirmar que a alcalinidade das amostras provém principalmente de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. Observa-se um aumento dos índices no mês de setembro demonstrando que havia maior atividade algálica comparando com o mês de setembro.

Este parâmetro não possui importância sanitária para águas potáveis, mas quando as concentrações estão elevadas conferem um gosto amargo para a água.

### 8.3 Dureza Total

As variações das concentrações de dureza total nos pontos de coleta e suas médias encontram-se ilustradas na Figura 10 e no gráfico da Figura 11. Abaixo de 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L a água é considerada mole e de grande proveito para utilização direta.

Observa-se que todos os pontos analisados estão abaixo do valor de 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L de CaCO<sub>3</sub> caracterizando-as como águas moles. Segundo a portaria MS 518/04 o limite máximo aceitável da dureza para consumo humano é de 500 mgCaCO<sub>3</sub>.

	Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> )	
	MARÇO	SETEMBRO
<b>PONTO 1</b>	<b>13,14</b>	<b>19,42</b>
<b>PONTO 2</b>	<b>9,86</b>	<b>13,59</b>
<b>PONTO 3</b>	<b>9,86</b>	<b>13,59</b>
<b>PONTO 4</b>	<b>7,67</b>	<b>17,48</b>
<b>PONTO 5</b>	<b>9,86</b>	<b>19,42</b>
<b>PONTO 6</b>	<b>17,52</b>	<b>27,19</b>

Figura 10. Valores de Dureza Total obtidos em março e setembro de 2017.

Geralmente ambientes com pH próximos à neutralidade apresentam uma dureza mole dado pelas baixas concentrações de carbonatos, sendo a reação com o CO<sub>2</sub> para a produção de bicarbonato desprezível.

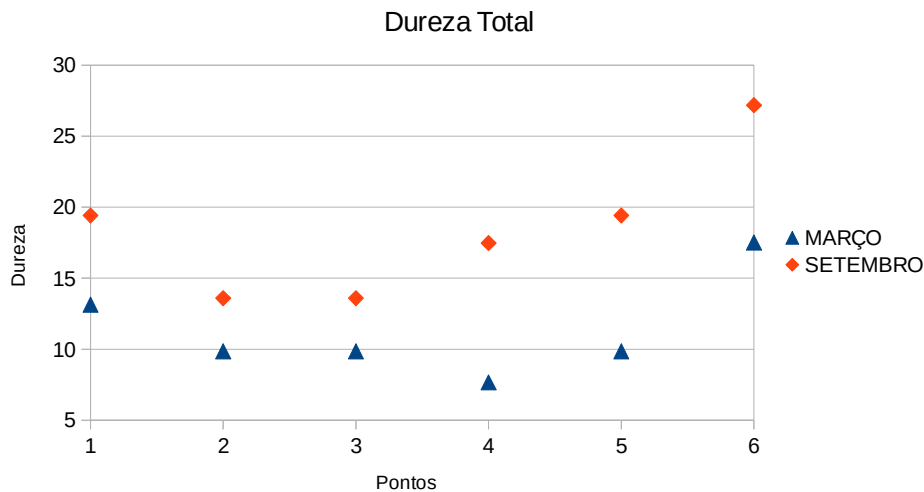


Figura 11. Demonstração dos resultados de Dureza Total

Como pode ser visualizado na Figura 11, para a primeira coleta o ponto 4 apresentou o menor valor de dureza 7,67 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Os maiores valores foram encontrados nos pontos 1 e 6. A média de alcalinidade de todos pontos foi 11,31 mgCaCO<sub>3</sub>/L para o mês de março.

Na segunda coleta os pontos 2 e 3 apresentaram menor alcalinidade no valor de 13,59 e o ponto 6 o valor maior sendo 27,19. A média da alcalinidade para o mês de setembro foi de 18,44.

#### 8.4 Condutividade

Para a condutividade (Figura 12), na primeira coleta os pontos de 1 a 5 (açude) mantiveram-se praticamente estáveis e apresentaram respectivamente menores e maiores valores entre 30,6 µs/cm e 33,2 µs/cm. A média de condutividade considerando todos os pontos foi de 31,62 µs/cm.

Na segunda coleta a média de condutividade foi de 34,9 µs/cm, sendo muito semelhante a primeira, o ponto com menor valor foi o 5 com 33,5 µs/cm e o com maior foi o ponto 1 com 37,65 µs/cm.

Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		
	MARÇO	SETEMBRO
PONTO 1	31,6	37,65
PONTO 2	31	34,6
PONTO 3	31,7	34,05
PONTO 4	30,6	34,7
PONTO 5	33,2	33,5
PONTO 6	70,9	77,05

Figura 12. Valores de Condutividade obtidos em março e setembro de 2017.

Para este parâmetro nota-se que o valor do ponto 6 (cacimba) é bem maior se comparado aos demais pontos (Figura 13) essa condição representa grande quantidade de íons que podem ser resultantes de compostos ricos em amônia, cálcio, magnésio.

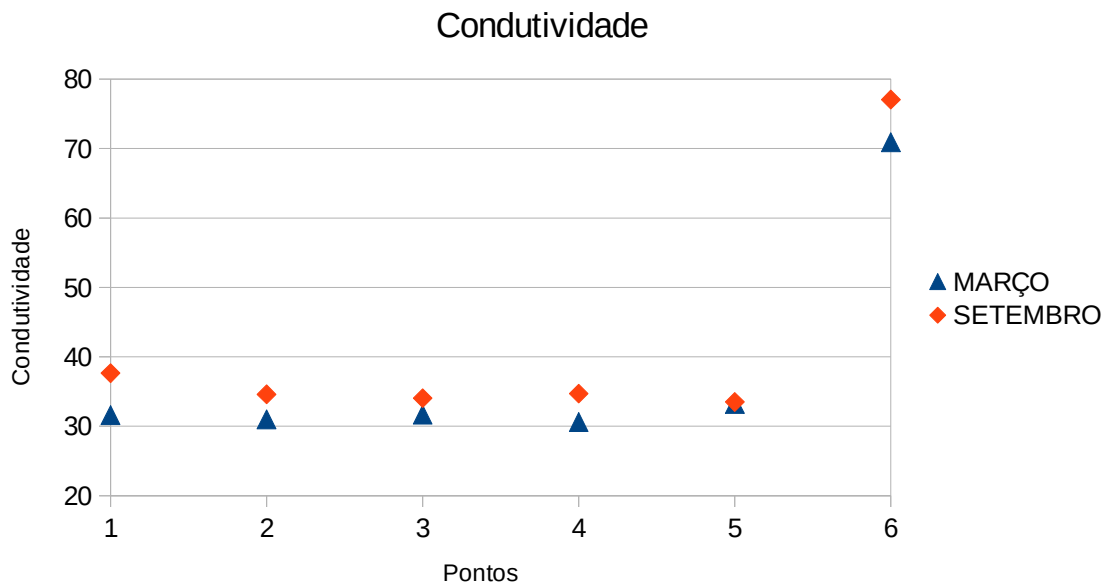


Figura 13. Demonstração dos resultados de Condutividade, comparando os meses de março e setembro.

A legislação brasileira não atribui valores aceitáveis para condutividade. Mas de acordo com estudos de Gasparotto (2011) para amostras muito contaminadas por esgotos, a condutividade pode variar de 100 a 10.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Portanto, tendo como limite máximo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para uma água de boa qualidade, pode-se dizer que nesse poço a água se apresenta em boa condição.

### 8.5 Cloretos

As variações das concentrações de cloreto estão ilustradas na Figura 14 e gráfico da Figura 15. Na primeira coleta os pontos de 1 a 6 mantiveram-se praticamente estáveis e apresentaram respectivamente menores e maiores valores entre 9,0 mgCl/L e 10 mgCl/L. A média de cloretos

considerando todos os pontos do mês de março foi de 9,33 mgCl/L. Na segunda coleta a média de cloretos foi de 7,24 mgCl/L, o ponto com menor valor em setembro foi o 5 com 6,0 mgCl/L e o com maior foi o ponto 6 com 8,5 mgCl/L.

Cloretos (mg Cl)		
	MARÇO	SETEMBRO
PONTO 1	10,00	7,50
PONTO 2	9,00	8,00
PONTO 3	9,00	7,00
PONTO 4	9,00	6,50
PONTO 5	9,00	6,00
PONTO 6	10,00	8,50

Figura 14. Valores de Cloretos obtidos em março e setembro de 2017.

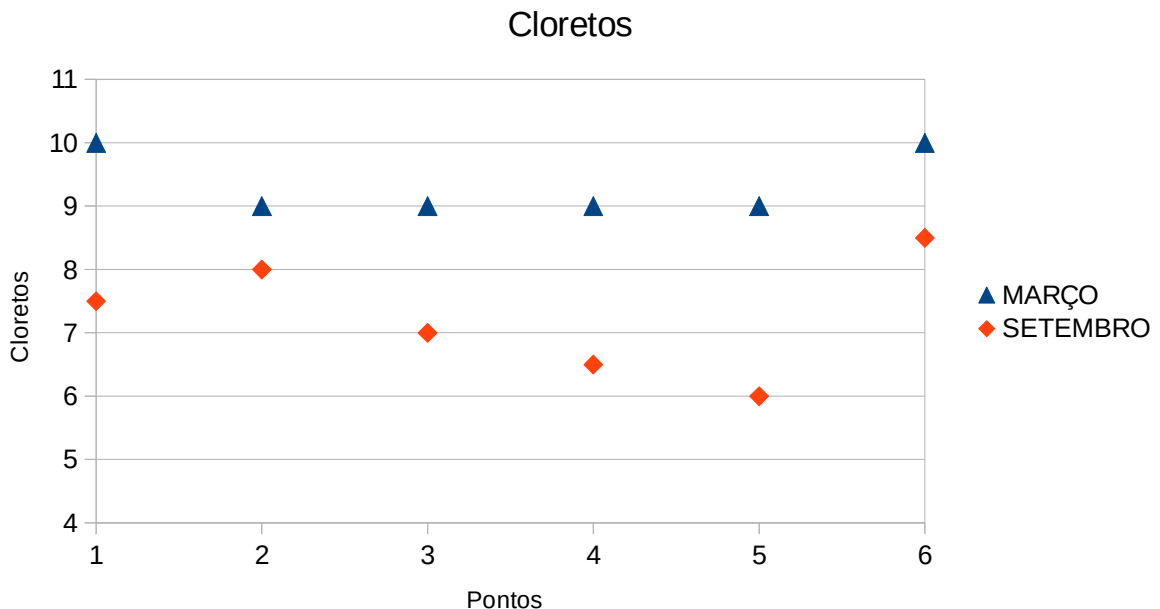


Figura 15. Demonstração dos resultados de Cloretos, comparando os meses de março e setembro.

A resolução CONAMA 357 classifica as águas como classe 1, 2 e 3 para este parâmetro até 250 mg/L. Assim, essas águas classificam-se como Classe 1. Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor "salgado" na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade.

## 8.6 Turbidez



Quanto à turbidez percebe-se que na primeira coleta o ponto 4 apresentou menor valor, 2,9 UNT e o ponto 6 (cacimba) apresentou o maior valor dentre os demais demarcados sendo 41,8 UNT. A média para a primeira coleta do açude foi de 2,97 UNT.

No que se diz respeito à segunda coleta houve pouca alteração dos valores, mantendo-se quase constantes. O valor médio dos dados de setembro para o açude foi de 2,9 UNT, sendo o menor valor 2,09 uT no ponto 1, e o maior valor, de 4,6 UNT, no ponto 3. A turbidez do poço ficou em 41,8 UNT em março e 61,5 UNT em setembro. A Figura 16 demonstra os dados obtidos na coleta.

Turbidez (UNT)		
	MARÇO	SETEMBRO
PONTO 1	1,54	2,09
PONTO 2	3,7	2,9
PONTO 3	3,4	4,6
PONTO 4	2,9	3,1
PONTO 5	3,2	2,7
PONTO 6	41,8	61,5

Figura 16. Valores de Turbidez obtidos em março e setembro de 2017.

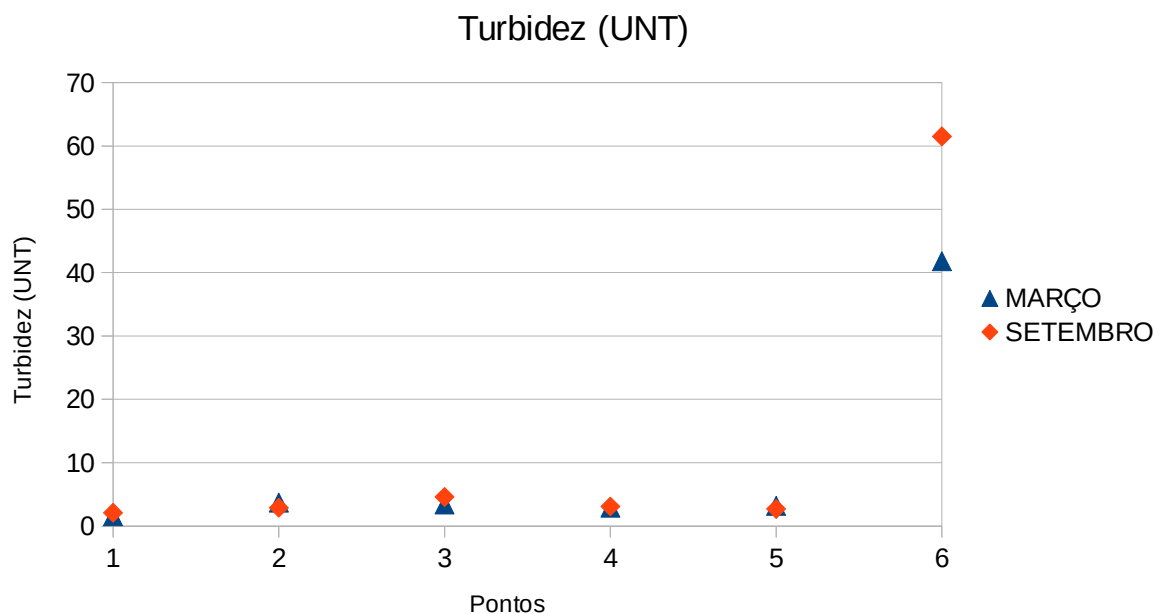


Figura 17. Demonstração dos resultados de Turbidez, comparando os meses de março e setembro.

De acordo com o CONAMA 357/2005, para se enquadrar na classe 2 a turbidez deve ter o valor limite de até 100 UNT, portanto percebe-se que todos os pontos analisados, para esse parâmetro, estão abaixo do limite estabelecido na Resolução (Figura 17). Em áreas que apresentam elevada turbidez, as partículas podem acomodar uma grande quantidade de poluentes e até microrganismos patogênicos (OLIVEIRA, NETO, *et al.*, 2008), o que torna de suma importância a determinação desse parâmetro.

A turbidez em águas é causada geralmente pela presença de partículas em suspensão e coloides, derivadas de argila, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. O maior valor desse parâmetro no ponto 6 (cacimba), provavelmente se deve a presença de algas e sedimentos dissolvidos no ponto de coleta.

### 8.7 Fluorescência de Raio-X

De acordo com o manual do equipamento *Bruker SI TurboSD Handheld XRF Analyser*, de propriedade da UNIPAMPA, os resultados dos dados (Figura 18) por ele analisado são de natureza qualitativa já que possui erro de análise superior a 50%. Desse modo, somente é possível saber sobre a presença de determinado elemento sem quantificá-los.

ID	Mg %	Al %	Si %	Cl %	K %	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Sr (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Nb (ppm)	Rh (ppm)	Cd (ppm)
PONTO 1	5,45	0,49	0,33	0,02	0,11	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	1,10	ND
PONTO 2	6,14	ND	0,24	0,01	0,18	ND	0,01	0,02	ND	ND	ND	1,12	ND
PONTO 3	5,86	ND	0,31	ND	0,20	0,02	0,01	ND	ND	0,02	0,02	1,12	ND
PONTO 4	7,60	ND	0,29	0,02	0,17	0,01	0,01	ND	0,01	ND	ND	1,11	0,77
PONTO 5	7,40	0,58	0,26	0,02	0,17	0,01	0,01	ND	ND	ND	ND	1,13	ND
PONTO 6	5,97	0,56	0,29	ND	0,18	0,01	0,01	0,03	ND	ND	0,02	1,13	0,82

Figura 18. Demonstração dos resultados de Fluorescência de Raio-X.

O único elemento químico presente nas amostras que possui relevância ambiental é o cádmio. Ele é um metal pesado que possui propriedade de bioacumulação em organismos vivos, sendo também muito persistente no ambiente (principalmente em solos e águas subterrâneas), tendo assim um grande potencial de destruição ambiental, pois ele não sofre degradação com o passar do tempo, permanecendo nos ecossistemas com os quais ele tem contato. Os animais são grandemente afetados quando expostos a esse metal, dentre os efeitos sobre eles podem-se citar o aparecimento de câncer de pulmão, aumento da pressão arterial, e efeitos negativos em sua reprodução e desenvolvimento (SOARES, 2007).

Os dados físico-químicos em geral, mantiveram-se maiores no mês de setembro, quando comparados a março. No primeiro mês da coleta, a lavoura de soja ainda não havia sido colhida. Provavelmente, o cultivo servia como uma barreira física e propiciava um menor carreamento das partículas presentes no solo após as precipitações. No mês de setembro o solo já estava exposto há seis meses e sendo pisoteado por bovinos, o que pode facilitar o escoamento superficial e enriquecer em íons e partículas a água do açude.

O poço do tipo cacimba apresentou valores maiores nos dois meses de análise, quando comparado aos valores do açude. Pode-se dizer que esses valores são fruto de uma má gestão do poço e de suas redondezas. Não há nenhum tipo de fechamento adequado do poço, somente uma cobertura na forma de tela metálica. Observou-se nos dias de coleta que havia muita matéria orgânica no primeiro horizonte da água, limo e sedimentos dos mais variados tipos, interferindo, assim, nos valores dos parâmetros analisados.

### **8.8 Herbicida Glifosato**

De acordo com análise feita no Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas (UFSM) através de metodologia de injeção direta em sistema de cromatografia líquida de ultra-eficiência acoplada à espectrometria de massas sequencial (UHPLC-MS/MS), as águas do açude e do poço do tipo cacimba possuem concentrações 7 µg/L de glifosato. O método de acordo com o Laboratório, possui maior confiabilidade para valores acima de 25 µg/L, ou seja, os valores ficaram abaixo do limite de detecção.

De acordo com a resolução 357 do CONAMA para águas da Classe 1 a concentração máxima aceita de glifosato é de 65 µg/L. Com esse resultado observa-se que as águas superficiais estudadas estão dentro das especificações da legislação. Segundo Cassamassimo (2005), o herbicida glifosato possui meia-vida que varia de 13 a 25 dias. Decorreu-se aproximadamente dez meses desde a aplicação do herbicida até a coleta para análise, o que pode ter contribuído para os valores baixos dos resultados.

## **9 Considerações Finais**

Segundo a média geral, as águas superficiais do açude e do poço de cacimba podem ser enquadradas na Classe I do CONAMA, classificação que possui maiores conceitos para os mais diversos usos.

Percebe-se que o entorno da área estudada não possui vegetação nativa e matas ciliares, ocorre também pisoteio e erosões causado por bovinos. Esses fatores por si só ainda não foram suficientes para alterar definitivamente a qualidade da água, pelo menos nos parâmetros físico-químicos avaliados nesse trabalho.

Entretanto, é importante ressaltar que análises físico-químicas são fundamentais para aferir os índices de qualidade das águas mas não permitem avaliar os efeitos da poluição sobre seres vivos animais e vegetais.

Além disso, essas análises foram feitas de forma pontual e medidas em uma pequena malha amostral. Portanto, recomenda-se para futuros trabalhos medições mais amplas, em áreas maiores e com maior regularidade nas estações e meses do ano, para que se obtenha uma maior acuidade e representatividade dos dados estudados.

Quanto as análises do herbicida glifosato recomenda-se a aplicação da metodologia de Cassamassimo (2005), que realizou análises após 1, 3, 7, 15 e 30, 60 e 90 dias após a aplicação do glifosato para se ter maior um maior entendimento dos efeitos imediatos e dos dias subsequentes à aplicação.

Em função da importância da água no município de Caçapava do Sul pesquisas e avaliações constantes são imprescindíveis para garantir o monitoramento e controle das águas, favorecendo o melhor desenvolvimento econômico da região sem prejudicar a saúde e o meio ambiente.

Recomenda-se a aplicação de Educação Ambiental juntamente aos proprietários e trabalhadores circunvizinhos aos açudes e drenagens próximas, no intuito de orientar sobre importância da preservação da qualidade ambiental das águas superficiais.

## 10 Referências

ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos; ZERFASS, H; Basei, M; PETRY, K; GOMES, Cristiane. *The Acampamento Velho Formation, a Lower Cambrian bimodal volcanic package: geochemical and stratigraphic studies from the Cerro do Bugio, Perau and Serra de Santa Bárbara (Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, RS – Brazil)*. Gondwana Research, 5, 721-733, 2002.

BICCA, Marcos Muller. **Tectônica e Proveniência do Grupo Santa Bárbara, Região de Minas do Camaquã – RS**. Dissertação de Mestrado, IG-UFRGS, 130 p., 2013.

BISWAS, A.K. *History of Hidrology*. Amsterdam: North Holland, 1972.

BITENCOURT, Maria de Fátima. *Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS Geologia e relações com o corpo granítico*. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. SBG, p.37-49. Porto Alegre, 1983.

BORBA, Andre Weissheimer; MIZUSAKI, Ana Maria Pimentel; SILVA, Diogo Rodrigues Andrada; KOESTER, Edinei; NORONHA, Fabio de Lima; CASAGRANDE, Júnia. *Provenance of the Neoproterozoic Maricá Formation (Sul-rio-grandense Shield, Southern Brazil): Petrographic and Sm-Nd isotopic constraints*. Gondwana Research, 9, 464–474, 2006.

BORBA, Andre Weissheimer; MIZUSAKI, Ana Maria Pimentel; SANTOS, João Orestes; MCNAUGHTON, Neal J.; ONOE, Artur T.; HARTMANN, Leo Afraneo. *U-Pb zircon and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar K-feldspar dating of syn-sedimentary volcanism of the Neoproterozoic Maricá Formation: constraining the age of foreland basin inception and inversion in the Camaquã Basin of southern Brazil*. Basin Research, 20, 359–375, 2008.

BRASIL. Portaria n° 518, de 25 de março de 2004. *Legislação para águas de consumo humano*. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

CABRERA, L., COSTA, F. P. e PRIMEL, E. G. *Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS*. Química Nova, Vol. 31, No. 8, 1982-1986, 2008.

CARNEIRO, A. *Elementos da história da química do século XVIII*. Boletim da sociedade Portuguesa de Química, 102, p. 25-31, 2006.

CASSAMASSIMO, Ricardo Eugenio. *Dissipação e mobilidade dos herbicidas glifosato e oxifluorfen em um solo manejado no sistema de cultivo mínimo e florestado com Eucaliptus grandis*. Tese de Mestrado. USP, 2005.

COSTA, Antonio Flavio Uberti. *Teste e modelagem geofísica das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-rio-grandense*. Porto Alegre. 2v., 257p. Tese de Doutorado em Ciências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

DAVIE, Tim. *Hidrology as a Science*. Fundamentals of Hydrology. Londres: Routledge, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro. 412p., 1999.

EVANS, John; PERLMAN, Howard. *Diferentes estágios do Ciclo Hidrológico*. Disponível em: <<https://water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>>. Acessado em maio de 2017.

FETTER, C.W. *Applied Hydrogeology*. 4 ed. Estados Unidos: Pearson, 2000.

GARCEZ, L.N. *Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltados para Análises de Águas e Esgotos Sanitários*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Laboratório de Saneamento. 2004.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. *Hidrologia*. 1ª Ed. São Paulo: Blucher, 2016.

GASPAROTTO, F. A. *Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP*. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.

HARTMANN, Léo Afraneo; CHEMALE JR, Farid; PHILIPP, Ruy Paulo. *Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano*. In: 50 Anos de Geologia no Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Editora Comunicação e Identidade, 2007.

HIPÓLITO, João Reis; VAZ, Alvaro Carmo. *Hidrologia e Recursos Hídricos*. 1ª Ed. Portugal: Instituto Superior, 2011.

JENKINS, R. *X-Ray Fluorescence Spectrometry*. V. 152, 2ª Ed., 1999.

JOST, H.; HARTMANN, Léo Afraneo. *Província Mantiqueira-Setor Meridional. O Pre-Cambriano do Brasil*, p. 345-68, 1984.

LAMAS J. *Hidrología General. Principios y Aplicaciones*. Ed. Universidad del País Vasco: Espanha, pp. 635, 1993.

LINDBERG, D. *The beginnings of western science: The European scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, prehistory to A.D. 1450*. 2 ed. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

MACHADO, N.; KOPPE, J. C.; HARTMANN, Léo Afraneo. *A late proterozoic U-Pb age for the Bossoroca Belt, Rio Grande do Sul, Brazil*. Journal of South American Earth sciences, v. 3, n. 2-3, p. 87-90, 1990.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2008.

NARDI, L.V.S.; BITENCOURT, M. F. *Magmatismo Granítico e Evolução Crustal no Sul do Brasil*. In: R. Ianuzzi; J.C. Frantz (Org.). 50 anos de Geologia. Instituto de Geociências. 2007.

OLIVEIRA, V. D. M. Avaliações Físicas, Químicas e Biológicas da Microbacia do Córrego Modeneis em Limeira - SP. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 1, p. 86-96, jan/abr 2008.

PAIM, Paulo Sergio Gomes; CHEMALE, Farid Junior; LOPES, R. C. *Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã – Vendiano Superior / Ordoviciano Inferior do RS*. In: Simpósio Sulbrasileiro de Geologia, 6, Encontro de Geologia do Cone Sul, 1, Boletim de Resumos, pp. 39-50, 1995.

\_\_\_\_\_. *A Bacia do Camaquã*. Geologia do Rio Grande do Sul, p. 231-274, Porto Alegre, CIGO/UFRGS, 2000.

PINTO, Nelson. L. de Souza. *Hidrologia Básica*. 1ª Ed. São Paulo: Blucher, 2003.

RIBEIRO, Marcelo José; RIBEIRO, Mauricio. *Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul*. Boletim no. 127, DNPM, Rio de Janeiro, 1966.

REMUS, Marcus Vinicius Dorneles; MCNAUGHTON, Neal J.; HARTMANN, Leo Afraneo; FLETCHER, IR. *Zircon SHRIMP U/Pb dating and Nd isotope data of granitoids of the*

***São Gabriel Block, Southern Brazil: evidence for an Archean/Paleoproterozoic basement.*** In: International Symposium on Granite and associated Mineralizations, Salvador, BA. Extended Abstracts and Program. V. único, p.271-272, 1997.

\_\_\_\_\_. ***Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca volcanic arc of southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources.*** Journal of South American Earth Sciences, v. 12, n. 4, p. 349-366, 1999.

\_\_\_\_\_. ***The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brasiliano Cycle in Southern Brazil.*** Journal of South American Earth Sciences. v. 13, p.191-216, 2000.

SANTOS, A. C. ***Noções de hidroquímica.*** In. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações, Org. FEITOSA, F. A. C., FILHO, J. M.. 2ªed, Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID-UFPE, p. 81 – 107, 2000.

SOLIANI JR, Ênio. ***Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica.*** Tese (Doutorado) – Curso de Geologia, IG, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

STRIEDER, Luiz Mercio; BERTAGNOLLI, Paulo Fernando. A soja no sistema de cultivo. Disponível em: <[www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8901995/artigo---a-soja-no-sistema-de-cultivo](http://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8901995/artigo---a-soja-no-sistema-de-cultivo)>. Acessado em junho de 2017.