

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS SÃO GABRIEL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ROSANA ALVES PAIM

**ALCALINIDADE, CLORETOS, DUREZA E pH DE AMOSTRAS DE
ÁGUA DE POÇOS NOS MUNICÍPIOS DE ALEGRETE, SÃO
GABRIEL E SANTA MARIA-RS**



SÃO GABRIEL

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

**ALCALINIDADE, CLORETOS, DUREZA E pH DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE
POÇOS NOS MUNICÍPIOS DE ALEGRETE, SÃO GABRIEL E SANTA MARIA-RS**

Rosana Alves Paim

Monografia apresentada à Comissão de Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, *Campus* São Gabriel, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.
Orientador (a): Ana Paula Saidelles

São Gabriel

2013

**ALCALINIDADE, CLORETOS, DUREZA E pH DE AMOSTRAS DE
ÁGUA DE POÇOS NOS MUNICÍPIOS DE ALEGRETE, SÃO
GABRIEL E SANTA MARIA-RS**

ROSANA ALVES PAIM

ORIENTADOR (A): ANA PAULA SAIDELLES

Monografia Submetida à Comissão do Curso de Ciências Biológicas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada por:

Presidente, Prof. Dra Ana Paula Saidelles

Prof. Msc. André Carlos Cruz Copetti

Prof. Msc. Beatriz Stoll Moraes

São Gabriel

2013

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Mara e Francisco por todo o apoio e suporte para o cumprimento desta jornada;

A prof^a Dr^a Ana Paula Saidelles pela orientação e pela oportunidade que tive durante esta pesquisa;

Aos professores da Unipampa, pelos valiosos ensinamentos, pelos incentivos e dedicação ao ensino;

Aos técnicos do laboratório pela ajuda e ensinamentos, em especial a Gisele Lutz;

Aos professores André Copetti e Beatriz Stoll por se dispor gentilmente a ser a minha banca;

Aos meus amigos, que ao longo desta caminhada tornaram-se como irmãos para mim, em especial a Suiane Oleques, Giancarlo Billo, Darlionei Andeis, Gillian Nunes;

Aos meus colegas e amigos da turma 13 da biologia;

Ao meu amigo e companheiro Sóstenes Palha de Miranda pela atenção, carinho e apoio nos momentos difíceis, pelas leituras e correções para me ajudar;

A todos aqueles que não se encontram aqui citados nominalmente, mas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

A água possui grande importância para a humanidade e as impurezas que existem na água reduzem sua qualidade e podem representar risco à saúde dos seres vivos. As águas subterrâneas, obtidas através de poços artesianos, normalmente estão naturalmente protegidas destas impurezas, e de agentes poluidores, sendo assim, esta se torna uma importante alternativa de abastecimento da população. As análises das amostras coletadas nos municípios de Alegrete, Santa Maria e São Gabriel- RS, nos anos de 2011 e 2012, foram realizadas no laboratório de química e bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), pelo método potenciométrico e pelo método de titulometria, onde os parâmetros realizados foram: pH, alcalinidade, cloretos e dureza. Foram analisadas 42 amostras entre os três municípios e os resultados comparados com a legislação vigente. A partir desses, foram geradas tabelas com os valores encontrados em cada município e gráficos de comparação entre eles. De acordo com os valores determinados, os municípios de Santa Maria e São Gabriel encontram-se com todas as suas amostras todas dentro dos limites estabelecidos. Já o município de Alegrete apresentou uma amostra com pH de 5,6 que não se enquadra dentro do limite estabelecidos que é entre 6,0 a 9,5, e quatro amostras com valores de alcalinidade, sendo duas com valores acima do limite que é de 250mg.L^{-1} e duas abaixo do limite de detecção. De acordo com esses resultados para estes parâmetros as águas dos poços dos municípios de Santa Maria e São Gabriel não são consideradas um risco a saúde da comunidade. Apesar de o município de Alegrete apresentar amostras fora dos limites estabelecidos, a maioria das amostras se enquadra dentro dos padrões estabelecidos pelos órgãos vigentes, faz-se necessário que os estudos continuem nesses municípios na forma de monitoramento para garantir a preservação e garantir a qualidade desses poços.

Palavras-chave: Amostras, Análise, Parâmetros, Qualidade de água, Água subterrânea, Consumo humano

ABSTRACT

Water has great importance for humanity and the impurity found in water reduces their quality and may pose risk to the health of living beings. Groundwaters obtained from wells usually are naturally protected from these impurities and pollutants, so this becomes an important alternative supply of the population. Analysis of samples collected in Alegrete, Santa Maria and San Gabriel-RS, in the years 2011 and 2012 were performed in the laboratory of chemistry and biochemistry at the Federal University of Pampa (UNIPAMPA) by potentiometric method and the method of titration where the parameters were performed: pH, alkalinity, hardness and chlorides. We analyzed 42 samples from the three municipalities and the results compared with current legislation. From these, tables were created with the values found in each municipality and comparison charts between them. According to the values determined, the municipalities of Santa Maria and San Gabriel are with all your samples all within the limits established. The municipality of Alegrete presented a sample with a pH of 5.6 that does not fall within the limit that is set between 6.0 to 9.5, and four samples with values of alkalinity, two with values above the threshold that is of 250mg.L-1 and two below the detection limit. According to these results for these parameters the waters of the wells in the cities of Santa Maria and San Gabriel are not considered a risk to community health. Although the city of Alegrete submit samples outside the set limits, the majority of the samples fall within the standards established by the existing agencies, it is necessary to continue studies in these municipalities in the form of monitoring to ensure the preservation and guarantee the quality of these wells.

Keywords: Samples, Analysis, Parameters, Water Quality, Groundwater, Human Consumption

SUMÁRIO

Agradecimentos	4
Resumo	5
Abstract	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Considerações gerais sobre águas subterrâneas e superficiais	10
2.2 Considerações gerais sobre poços artesianos	11
2.3 Análise química	13
2.3.1 Potencial hidrogeniônico (ph)	13
2.3.2 Alcalinidade	14
2.3.3 Cloretos	14
2.3.4 Dureza	15
2.3.5 Limite de detecção	16
3. MATERIAL E MÉTODO	17
3.1 Áreas de estudo	17
3.2 Coletas das amostras	18
3.2.1 Descrições das amostras coletadas	18
3.3 Metodologias das análises	23
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	24
4.1 Comparações de resultados entre os municípios de estudo	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6. REFERÊNCIAS	32
ANEXO	36

1. INTRODUÇÃO

A água é um componente da natureza, que mantém a umidade atmosférica, a estabilidade do clima na Terra e a beleza das paisagens.

Dentre inúmeros usos e benefícios, considera-se como um composto com energia potencial, pois é utilizado na movimentação de turbinas, outros equipamentos mecânicos. Também é conhecida por sua capacidade de dissolver, dispensar e transportar substâncias químicas sendo assim é um veículo natural de resíduos e sedimentos (BRANCO, 2003). Essas características são atribuídas á água por ser um composto formado por ligações covalentes, onde uma molécula de oxigênio compartilha pares de elétrons com dois átomos de hidrogênio (ATKINS e JONES, 2001).

A quantidade de água existente sobre a terra é de 1,370 milhões de km³ e se divide em 97,2% de água salgada, 2,1% de neve ou gelo, 0,6% é água doce e o restante se encontra na forma de vapor atmosférico (FERREIRA, 2008).

O Brasil possui 12% da água doce disponível no mundo, que é destinada para o consumo humano, irrigação e atividades industriais (ANA, 2005). A maior concentração de água no Brasil está na região norte, onde se encontra a bacia amazônica (70%), mas é onde permanecem apenas 7% da população. A região sudeste de maior concentração populacional possui cerca de 6% dos recursos hídricos do país e a nordeste que abriga 28,91% da população, dispõe de 3,3% de água (MACHADO, 2003). Isso significa que aproximadamente 30% dos recursos hídricos do país estão disponíveis para a população

No entanto a maioria de nossas cidades sofrem problemas graves de redes de distribuição em estado precário de funcionamento causando perdas físicas, as causas variam muito de um local para outro (CARVALHO et al,2004), cerca de 40% a 60% da água tratada é perdida entre captação e as residências por causa das tubulações antigas, vazamentos e desvios clandestinos (ZOBY et al, 2002), o problema das perdas é mais abrangente do que aparenta ser à população em geral, pois estão envolvidas causas ambientais, sociais e econômicas.

O crescimento acelerado da população, o desenvolvimento tecnológico e industrial tem causado grande preocupação para a sociedade, pois isso tem comprometido as poucas

fontes de água doce disponíveis. O uso inadequado de água para irrigação, a poluição, o desmatamento, o assoreamento dos rios entre outras ações antrópicas, tem contribuído cada vez mais na contaminação e escassez da água, além disso, vem causando problemas de saúde pública (MACHADO, 2003).

Faz-se necessário ter o conhecimento da realidade rural, pois com baixo acesso às medidas de saneamento e pelas atividades agrícolas, podem interferir na qualidade dos mananciais, muitos destes utilizados para abastecimento dos próprios centros urbanos.

Portanto é fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físico-químicas adequadas para a utilização dos seres vivos, devendo conter substâncias essenciais à vida e isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos prejudiciais ao organismo (BRAGA et al, 2003).

O objetivo deste trabalho é analisar a qualidade da água de poços semi-artesianos nos municípios de Alegrete, São Gabriel e Santa Maria, através de análises de alcalinidade, cloretos, dureza e pH.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

A preocupação com a contaminação das águas superficiais e subterrâneas tem crescido no meio científico principalmente quando relacionado com o consumo humano (DORES et al, 2001). A água é considerada um recurso natural limitado e sua disponibilidade cada vez menor, comprometendo sua qualidade.

Do total de água das chuvas que caem na superfície da terra, 30% escoam para os rios, chamada de água de escoamento superficial, e a outra parte infiltra-se no solo preenchendo os espaços vazios entre grãos de argila, areia ou das rochas, formando os depósitos de água subterrânea (BRANCO, 2003).

Segundo Rebouças et al (2006), a partir do ano de 1960, o termo água subterrânea é utilizado para designar a totalidade de águas do subsolo, que são fontes de água potável em regiões onde existe falta de água superficial em localidades que não possuem sistema de abastecimento de água. Também é utilizada como um complemento das águas superficiais, podendo assim ser consumida indiscriminadamente pela população sem se preocupar com a sua qualidade.

Os maiores problemas encontram-se nas regiões rurais, pois a infiltração de agrotóxicos, fertilizantes, esgotos domésticos e excrementos de animais nos aquíferos influenciam diretamente nas águas subterrâneas e superficiais. Nessas regiões os efeitos da poluição em águas superficiais e subterrâneas são significativos por causa da ausência de outras opções de abastecimento (MIRLEAN et al, 2005).

Outros fatores que restringem o abastecimento são o alto custo de captação, adução e tratamento, o que estimula a perfuração de poços.

Em função do crescimento descontrolado das perfurações de poços e das atividades antrópicas que acabam contaminando os aquíferos, a questão das águas subterrâneas vem

tornando-se cada vez mais importante para o gerenciamento de recursos hídricos do país (ZOBY & OLIVEIRA, 2005).

Segundo Hirata et al (2008), a poluição de aquíferos é compreendida como a degradação das águas subterrâneas pela perda da qualidade potável quando a água apresenta níveis de concentração de substâncias nocivas superiores aos padrões de qualidade estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Conforme Lei no. 6.938/81, da Política Nacional do Meio Ambiente, a poluição de forma geral corresponde à degradação da qualidade ambiental, pelas atividades humanas que afetam a saúde, a economia, os recursos naturais, a estética do ambiente, em desacordo com a legislação. O zoneamento é um instrumento que possibilita viabilizar o uso e ocupação da terra com ações que visem à proteção das águas subterrâneas. É possível gerir o território instituindo-se restrições de uso para a proteção dos aquíferos. Observando-se as áreas de maior susceptibilidade à poluição (OLIVEIRA et al, 2009). Para um aproveitamento racional da água subterrânea, é necessário fazer um zoneamento (DEMETRIO et al, 2004).

2.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE POÇOS ARTESIANOS

Os poços são principalmente de dois tipos.: os captados com pouca profundidade com parte da água infiltrada entre areias ou argilas da superfície, que compreendem o lençol freático, e os poços captados com maior profundidade considerada água de melhor qualidade, na maioria das vezes, por estar mais afastada das atividades poluidoras (BRANCO, 2003).

Segundo Branco (2003) a quantidade de água fornecida pelos poços profundos não variam ao longo do ano, enquanto as águas do lençol freático tendem a aumentar com as chuvas e diminuir ou até desaparecer em épocas de seca prolongada.

Com a construção de poços profundos chamados poços artesianos a água pode ser captada e assim, ser utilizada para o abastecimento público, industrial ou comercial. Segundo Garcez (1974) poço artesiano é aquele perfurado em aquíferos artesianos ou

confinados, onde a água jorra naturalmente. Existem também os poços semi-artesianos, onde a pressão da água não é suficiente para a subida à superfície, sendo necessária a instalação de equipamentos no seu interior para fazer o bombeamento.

Para a instalação de um poço artesiano devem-se considerar algumas condições como: boa posição do lençol freático, situação em pontos mais elevados do terreno, situar-se o mais distante possível e em direção oposta a de escoamento de focos conhecidos ou prováveis de poluição (GARCEZ, 1974). No Brasil a água continua sendo livremente extraída de poços artesanais de natureza duvidosa, que abastecem hotéis, hospitais, indústrias, condomínios privados (REBOUÇAS, 2004).

Devido à falta de controle na captação, recarga e monitoramento, não se tem uma avaliação segura de poços perfurados tanto no Brasil como nos demais países. A UNESCO estima que existam mais de 250 milhões de poços no mundo (ECKHARDT et al, 2009). No Brasil estima-se que tenham cerca de 400 mil poços. Os estados com maior número de poços perfurados (LEAL, 1999) são: São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí. O Instituto Brasileiro de Estatísticas – IBGE (2002) aponta que 15,6% dos domicílios usam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras fontes.

A água pode conter substâncias tóxicas e organismos patogênicos, por isso quando distribuída em uma cidade deve ser analisada por testes químicos e microbiológicos para observar parâmetros ou índices de qualidade (ROCHA et al, 2004).

A qualidade quando aplicada à água, não se refere a um estado de pureza química da mesma, mas de suas características de como é encontrada na natureza refere-se à água como uma mistura de vários produtos do ambiente natural (BRANCO, 2003).

Água potável é aquela qual se pode beber, aquela que não contém elementos nocivos à saúde e que, para ser utilizada pelo homem, faz-se necessário que ela atenda certos requisitos como: não possuir sabor, odor ou aparência desagradável (BRANCO, 2003).

Embora dependa da água para sua sobrevivência e desenvolvimento sustentável, a sociedade polui e degrada o recurso, tanto os superficiais como os subterrâneos, produzindo contínua deterioração com perdas na quantidade e qualidade da água.

As análises químicas são fundamentais para a avaliação da potabilidade. No Brasil essa avaliação é realizada de acordo com os limites apresentados pela Portaria N° 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

2.3 ANÁLISE QUÍMICA

As análises químicas são realizadas a partir de amostras ambientais que são importantes para prever informações, estudos ambientais e monitoramento de espécies químicas do meio (ROCHA et al, 2004).

O monitoramento ambiental tem por objetivo gerar dados analíticos que são comparados com valores já estabelecidos em legislação diagnosticando se o objeto de estudo está dentro dos padrões de qualidade (ROCHA et al, 2004).

Para determinar a qualidade e potabilidade da água de poços, foram realizados a identificação de parâmetros como pH, alcalinidade, dureza e cloretos.

2.3.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O termo pH (Potencial Hidrogeniônico) é usado para identificar a condição ácida ou básica de uma solução de maneira à expressar a concentração do íon hidrogênio (HOLLER et al, 2009).

O pH pode ser determinado usando um medidor de pH (pHmetro) que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro. O medidor é um milivoltímetro com uma escala que converte o valor do potencial do eletrodo em unidades de pH (WASHINGTON, 2005).

Define-se o pH de uma solução aquosa como o logaritmo negativo da atividade dos íons H^+ , como representado na formula a seguir:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

O pH indica se a água é ácida, básica ou neutra. A água é considerada neutra quando seu pH é 7,0, ácida quando o intervalo de pH é entre 0 e 6,9, e básica quando o intervalo de pH é entre 7,1 e 14,0 (AYRES e WESTCOT, 1991).

De acordo com a Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, recomenda-se que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

2.3.2 ALCALINIDADE

Alcalinidade é a capacidade de neutralizar íons H^+ , representada pela presença de hidróxido (OH^-), carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-) (FARIAS, 2006; LENZI et al, 2012) O conhecimento das concentrações destes íons garante a definição de dosagens de agentes flocculantes no tratamento de águas de abastecimento público e fornece informações das características corrosivas ou incrustantes da água.

O máximo permitido para água potável é 250 mg.L^{-1} de CaCO_3 de acordo com a Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

A alcalinidade das águas é determinada por titulação de neutralização ácido/base, empregando ácido clorídrico (HCl) para atingir o pH 4,5, que é o segundo ponto de equivalência na titulação do íon carbonato (CO_3^{2-}) com H^+ . Quando a água cujo pH for maior do que 4,5 é titulada com ácido até pH 4,5, todos os OH^- , CO_3^{2-} e HCO_3^- vão reagir.

2.3.3 CLORETOS

O conhecimento do teor de cloretos das águas tem a finalidade de obter informações sobre o grau de mineralização ou algum indício de contaminação das águas, por essa razão sua concentração deve ser conhecida e controlada (MEIRA et al, 2002).

Os cloretos estão presentes em todas as águas naturais, em diferentes concentrações. As águas da montanha e de terras altas têm geralmente baixo teor, enquanto as águas dos rios e subterrâneas podem possuir grandes quantidades de cloretos. Os mares e oceanos possuem teores em cloretos muito elevados. É o ânion que se apresenta em águas subterrâneas através da percolação da água em solos e rochas (CERVO, 2001).

A análise de cloretos é realizada através de volumetria de precipitação com solução padrão de nitrato de prata (AgNO_3) e o indicador empregado para verificar o ponto final da titulação é o cromato de potássio (K_2CrO_4).

Essa titulação exige um cuidado de manter o pH na faixa de 6,5 a 10,5: Se o meio estiver ácido (pH abaixo de 6,5), o cromato de potássio não vai reagir com Ag^+ e precipitar porque o seu equilíbrio será deslocado no sentido de formar dicromato solúvel. Como consequência, não será possível observar o ponto final da titulação. Portanto adiciona-se Hidróxido de sódio (NaOH) ao erlenmeyer para garantir pH acima de 6,5 (LENZI et al, 2012)

O limite máximo permitido de acordo com Portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 é de 250 mg.L^{-1} de Cl^- .

2.3.4 DUREZA

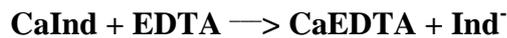
A dureza é devido à presença de sais de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). É a capacidade da água de precipitar o sabão. Não possui importância sanitária, mas o uso de águas que possuem excesso desses íons a nível industrial causa incrustações, corrosão e perda da eficiência da transmissão de calor de caldeiras e sistemas de refrigeração (HAGE et al, 2012). Valores elevados podem facilitar a formação de cálculos renais e biliares para quem possui propensão.

A maior parte do cálcio aparece na água na forma de carbonato de cálcio (CaCO_3), ou por meio de depósitos minerais de sulfato de cálcio (CaSO_4). A dureza é dividida em: temporária quando tem a presença de bicarbonato de cálcio e magnésio e permanente quando há a presença de sulfatos, carbonatos e outros compostos (BAIRD, 2002).

Esse caráter das águas duras foi por muito tempo, para o cidadão comum, o aspecto mais importante por causa das dificuldades de limpeza de roupas e utensílios. Com o

surgimento dos detergentes sintéticos, ocorreu a diminuição dos problemas de limpeza doméstica por causa da dureza (HAGE et al, 2012).

A determinação da dureza da água por volumetria de complexação utiliza o ácido etilendiaminatetracético (EDTA), cuja fórmula molecular é $C_{10}H_{16}N_2O_8$ ao qual atua como um agente quelante. A reação ocorre em $pH = 10$ e necessita de um indicador para assinalar o ponto final da reação (OLIVEIRA e FERNADES, 2007), representada a seguir:



Quando a amostra contém cálcio, na presença do indicador a coloração inicial permanece inalterada. Após iniciar a adição do EDTA, o Ca^{2+} presente na amostra libera o indicador e forma um complexo mais estável com o EDTA, desta forma deixando livres os íons indicadores que identificam o ponto final do processo, alterando a cor inicial.

A dureza máxima permitida é de 500 mg.L^{-1} de $CaCO_3$ de acordo com a Portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

2.3.5 LIMITE DE DETECÇÃO

Limite de Detecção (LD) é a concentração mínima que se consegue detectar de analito na amostra. O Limite de Detecção é feito através da leitura de três brancos, fazendo-se com que eles possuam todos os reagentes (HAGE et al, 2012). O LD em termos quantitativos é determinado pela seguinte equação:

$$\mathbf{LD = \mu_0 + k \cdot \sigma_0}$$

Onde, o μ_0 é a média obtida a partir de 3 brancos e o σ_0 é o desvio-padrão associado a μ_0 , a constante k é de 3,3.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

Alegrete

O município de Alegrete está localizado na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, a 488 km da capital Porto Alegre. Possui uma área de 7.800 km², com altitude de 96 metros acima do nível do mar, clima subtropical, temperatura média de 24,8°C, pluviosidade de 1525mm anuais, com latitude de 29,7° ao sul e 55,7° a oeste, com 77,653 mil habitantes segundo o IBGE (2010). A economia é baseada na agricultura e pecuária.

O município é subdividido em distritos administrativos que são: Distrito Alegrete (108 Km²), Subdistrito Itapororó (948 Km²), Subdistrito Durasnal (796 Km²), Subdistrito Vasco Alves (826 Km²), Subdistrito Inhanduí (1.541 Km²), Subdistrito Catimbau (733 Km²), Subdistrito Guassu Boi (958 Km²), Subdistrito São Miguel (1.010 Km²) e Subdistrito Passo Novo (1.016 Km²).

O lençol freático no subsolo de Alegrete apresenta água levemente alcalina, utilizável sem restrições para o uso humano e para a irrigação, apresentando poços com profundidade média de 120 metros e vazão 110m³/hora.

São Gabriel

O município de São Gabriel está situado na metade sul do estado do Rio Grande do Sul, 320 km a oeste da capital Porto Alegre. Tem uma área de 5.020 Km², segundo o IBGE (2006), com latitude de 30° 20' 9" ao sul e longitude de 54° 19' 12" a oeste. A População de São Gabriel hoje é de 60.425 mil habitantes, segundo dados do IBGE (2010).

Possui uma reserva ecológica denominada Sanga da Bica localizada em propriedade particular com uma área geográfica de 56.800m² de mata nativa particularmente preservada. Dispõe de grande diversidade de plantas exóticas, nativas e principalmente plantas medicinais como “Açoita Cavallo”, “Pata de Vaca”, “Chá de Bugre” e “Araticum”.

O município tem sua base econômica ligada principalmente a agropecuária, onde predominam a produção de arroz, soja e gado de corte. Recentemente, começou uma diversificação de culturas com o desenvolvimento da piscicultura, apicultura e silvicultura.

Santa Maria

O município de Santa Maria possui 261.031 habitantes, segundo o censo IBGE (2010), com latitude de 29° 41' 2" ao sul e longitude de 53° 48' 25" a oeste. É considerada uma cidade média, de grande influência na região central do estado e cidade universitária, graças a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Dividido em 10 distritos, situa-se em uma região cercada por morros, do final do derramamento basáltico ocorrido no pleistoceno.

O vento norte, é muito forte, chegando a 100km/h. A altitude mínima é 41 m acima do nível do mar e a altitude média é 113 m, possui temperatura média anual de 19,5°C, com um clima subtropical úmido e precipitação pluviométrica média de 1800mm.

Tem uma estrutura econômica voltada para a prestação de serviços, posteriormente acentuada com o desenvolvimento do comércio.

3.2 COLETAS DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas em vários poços distribuídos na parte urbana e rural nos municípios de Alegrete, São Gabriel e Santa Maria-RS (totalizando 42 amostras), no período de 2011 e 2012. Essas foram armazenadas em geladeira e analisadas no Laboratório de Química e Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus São Gabriel.

3.2.1 DESCRIÇÕES DAS AMOSTRAS COLETADAS

No município de Alegrete:

Amostra 1- coletada na parte urbana do Município no dia 30 de julho de 2011 às 14 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 54 metros;

Amostra 2- coletada na usina de reciclagem de lixo no dia 02 de agosto de 2011 às 11 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 36 metros;

Amostra 3- coletada no parque de máquinas da prefeitura no dia 03 de agosto de 2011 às 17 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 70 metros;

Amostra 4- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 03 de agosto de 2011 às 16 horas e 15 minutos, de um poço com profundidade de 52 metros;

Amostra 5- coletada na parte urbana da cidade no dia 03 de agosto de 2011 às 18 horas e 40 minutos, de um poço com profundidade de 80 metros.

Amostra 6- coletado no subdistrito do Município Durasnal no dia 04 de agosto de 2011 às 11 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 56 metros;

Amostra 7- coletada no Balneário Caverá no dia 05 de agosto de 2011 às 9 horas 30 minutos, de um poço com profundidade de 90 metros;

Amostra 8- coletada no Balneário Caverá no dia 09 de agosto de 2011 às 15 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 60 metros;

Amostra 9- coletada no Estádio Municipal Farroupilha no dia 09 de agosto de 2011 às 17 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 70 metros;

Amostra 10- coletada no subdistrito Pinheiros no dia 10 de agosto de 2011 às 14 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 48 metros;

Amostra 11- coletada no Balneário Caverá no dia 10 de agosto de 2011 às 16 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 18 metros;

Amostra 12- coletado no subdistrito do Município Durasnal no dia 11 de agosto de 2011 às 8 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 18 metros;

Amostra 13- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 12 de agosto de 2011 às 14 horas, de um poço com profundidade de 30 metros;

Amostra 14- coletada na parte urbana do Município no dia 12 de agosto de 2011 às 16 horas, de um poço com profundidade de 20 metros;

Amostra 15- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 12 de agosto de 2011 às 17 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 25 metros.

Amostra 16- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 25 de janeiro de 2012 às 14 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 80 metros;

Amostra 17- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 26 de janeiro de 2012 às 16 horas e 50 minutos, de um poço com profundidade de 50 metros;

Amostra 18- coletada no Balneário Caverá no dia 27 de janeiro de 2012 às 14 horas e 20 minutos, de um poço com profundidade de 60 metros;

Amostra 19- coletada no Balneário Caverá no dia 28 de janeiro de 2012 às 17 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 80 metros;

Amostra 20- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 02 de fevereiro de 2012 às 10 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 70 metros;

Amostra 21- coletada no Balneário Caverá no dia 05 de fevereiro de 2012 às 14 horas, de um poço com profundidade de 70 metros;

Amostra 22- coletada na parte urbana do Município no dia 07 de fevereiro de 2012 às 16 horas, de um poço com profundidade de 50 metros;

Amostra 23- coletada no Balneário Caverá no dia 10 de fevereiro de 2012 às 18 horas, de um poço com profundidade de 36 metros;

Amostra 24- coletada no Balneário Caverá no dia 11 de fevereiro de 2012 às 17 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 80 metros;

Amostra 25- coletada no Balneário Caverá no dia 24 de fevereiro de 2012 às 17 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 56 metros;

Amostra 26- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 07 de fevereiro de 2012 às 14 horas, de um poço com profundidade de 100 metros;

Amostra 27- coletado no 2º distrito Passo Novo no dia 25 de fevereiro de 2012 às 8 horas, de um poço com profundidade de 70 metros;

Amostra 28- coletada no subdistrito Pinheiros no dia 25 de fevereiro de 2012 às 13 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 70 metros;

Amostra 29- coletada no Balneário Caverá no dia 04 de março de 2012 às 14 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 80 metros;

Amostra 30- coletada no Balneário Caverá no dia 04 de março de 2012 às 15 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 40 metros;

Amostra 31- coletada no Balneário Caverá no dia 04 de março de 2012 às 16 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 90 metros;

Amostra 32- coletado no subdistrito Durasnal no dia 05 de março de 2012 às 10 horas, de um poço com profundidade de 50 metros;

Amostra 33- coletado no subdistrito Durasnal no dia 05 de março de 2012 às 11 horas, de um poço com profundidade de 35 metros;

Amostra 34- coletada no subdistrito Pinheiros no dia 06 de março de 2012 às 8 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 50 metros;

Amostra 35- coletada no subdistrito Pinheiros no dia 06 de março de 2012 às 10 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 60 metros.

A Tabela 1 representa a localização geográfica dos pontos de coleta no município de Alegrete-RS.

Tabela 1

Localização geográfica dos pontos de coleta no município de Alegrete-RS em 2011 e 2012.

Ponto	Local/Nome	Latitude	Longitude	Amostras (n°)
1	Parque de Máquinas	29° 47' 16" S	55° 46' 20.5" O	3
2	Estádio Farroupilha	29° 47' 12.5" S	55°46'41.65" O	9
3	Igreja da Graça	29° 47' 0,8.5" S	55° 47' 21.5" O	14
4	Residencial R.V	29° 47' 14" S	55° 47' 22" O	1
5	Residencial II	29° 47' 14" S	55° 47' 24" O	5
6	Lavagem de Carros	29° 47' 19" S	55° 47' 39" O	22
7	Caverá	29° 48' 59.5" S	55°46'16.15" O	7,8,11,18,19,21,23,24,25,29,30,31
8	Pinheiros	29° 48' 41.75" S	55° 46' 20.5" O	10,28,34,35
9	Durasnal	29° 47' 9.4" S	55° 49' 31.95" O	6,12,32,33
10	Usina de Reciclagem	29° 47' 16" S	55° 41' 52.3" O	2
11	Passo Novo	29° 46' 48" S	55°32'14.45" O	4,13,15,16,17,20,26,27

*Ver anexo I.

No município de São Gabriel-RS:

Amostra 1- coletada no quartel no dia 12 de julho de 2011 às 14 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 48 metros;

Amostra 2- coletada no quartel no dia 13 de julho de 2011 às 15 horas, de um poço com profundidade de 18 metros;

Amostra 3- coletado de uma residência no centro de São Gabriel no dia 18 de julho de 2011 às 11 horas e 30 minutos, de um poço com profundidade de 18 metros;

Amostra 4- coletada de uma escola do centro do município no dia 25 de julho de 2011 às 15 horas, de um poço com profundidade de 200 metros.

A Tabela 2 mostra a localização geográfica para os pontos de coleta no município de São Gabriel-RS.

Tabela 2

Localização geográfica dos pontos de coleta realizados no município de São Gabriel-RS em 2011.

ponto	Local/Nome	Latitude	Longitude	Amostra (n°)
1	Ginásio	30°20'10.3" S	54°19'16.5" O	4
2	Quartel	30°20'28.9" S	54°18'44.6" O	1
3	Quartel	30°20'28.9" S	54°18'44.6" O	2
4	Lavagem	30°20'17" S	54°19'25" O	3

*Ver anexo II.

Na cidade de Santa Maria:

Amostra 1- coletada de uma residência no dia 20 de maio de 2012 às 15 horas, de um poço com profundidade de 50 metros.

Amostra 2- coletada de uma residência no dia 20 de maio de 2012 às 17 horas, de um poço com profundidade de 60 metros.

Amostra3- coletada de uma residência no dia 20 de maio de 2012 às 16 horas, de um poço com profundidade de 56 metros.

A Tabela 3 apresenta a localização dos pontos de coletas no município de Santa Maria-RS.

Tabela 3

Localização geográfica dos pontos de coleta realizados no município de Santa Maria-RS em 2012.

Ponto	Local/Nome	Latitude	Longitude	Amostra (n°)
1	Residência I	29°44'8.9" S	53°47'49.7" O	1
2	Residência II	29°43'55.7" S	53°47'47.8" O	2
3	Residência III	29°43'50.5" S	53°47'23.8" O	3

*Ver anexo III.

3.3 METODOLOGIAS DAS ANÁLISES

pH

A análise do pH foi realizada pelo método potenciométrico. Uma pequena quantidade da amostra foi colocada em um béquer e logo após foi inserido um eletrodo, que automaticamente fez a leitura do valor de pH, que foi previamente calibrado com tampões de 4,0, 7,0 e 10,0.

O pHmetro utilizada para a medição de pH foi da marca JENWAY MODEL 370 pH/mv METER OPERONG MANUAL.

Alcalinidade

A obtenção da alcalinidade foi feita pelo método de titulação, utilizando o indicador vermelho de metila ($C_{15}H_{15}N_3O_2$). Titulou-se com HCl 0,02 mol/l previamente padronizado até a viragem de amarelo para rosa. Foram utilizados 50 ml da amostra, todas as análises foram realizadas em triplicata.

Cloretos

A determinação de cloretos em água foi realizada através do método de titulação. O pH da amostra foi ajustado na faixa de 7,0 a 10,0 com NaOH (4%) e adicionado 7 gotas de cromato de potássio (50m/L) como indicador e logo após titulado com a solução de nitrato de prata (0,0141 mol/l) com viragem de amarelo para rosa-amarelado. Foram utilizados 50 ml da amostra, todas as análises foram realizadas em triplicata, junto com um branco usando água destilada.

Dureza

Para determinação deste parâmetro foi utilizado o método de titulação com EDTA. Como indicador foi utilizado murexida (misturado previamente com cloreto de sódio (NaCl) na proporção 1:500) com viragem de rosa para o violeta. Antes da titulação, foram adicionados 10ml da solução de NaOH (4%). Foram utilizados 100 ml da amostra, todas as análises foram realizadas em triplicata.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A determinação da qualidade da água tem como objetivo, atestar sua conformidade com os padrões estabelecidos como ideais. As atividades de controle da qualidade visam saber se a água se mantém com a qualidade desejada para o consumo (KULCHESKI et al, 2004).

A partir da coleta das amostras de água de poços dos municípios de Alegrete, foram realizadas as análises propostas conforme mostra os resultados nas Tabelas 4. Os resultados foram confrontados com os padrões estabelecidos pelos órgãos.

Tabela 4

Resultados das análises das amostras coletadas no município de Alegrete-RS em 2011 e 2012.

Amostras	pH	Alcalinidade mg.L⁻¹CaCO₃	Cloretos mg.L⁻¹	Dureza mg.L⁻¹CaCO₃
1	7,2	388,6	41,6	210,3
2	6,3	54,0	1,3	16,6
3	6,9	232,0	8,3	117,6
4	6,7	180,0	20,6	114,0
5	6,8	58,0	12,3	15,3
6	6,7	178,0	17,7	117,3
7	7,0	< LD*	2,7	165,6
8	7,3	9,2	0,4	15,3
9	7,0	241,2	13,0	163,6
10	7,2	63,2	6,0	53,3
11	7,2	168,0	5,6	91,6
12	6,7	154,0	5,4	67,0
13	6,8	180,0	1,4	70,0
14	6,8	144,0	22,0	145,0
15	7,3	84,0	16,0	9,0
16	6,8	108,0	8,0	57,0
17	7,2	52,0	5,0	11,0
18	6,9	< LD*	11,0	40,0

19	7,6	70,0	3,0	69,0
20	6,1	26,0	43,0	13,0
21	6,7	152,0	5,0	75,0
22	5,4	10,0	1,0	8,0
23	6,2	48,0	2,0	43,0
24	6,1	18,0	2,0	18,0
25	6,5	46,0	4,0	16,0
26	6,3	64,0	9,0	18,0
27	6,8	320,0	46,0	208,0
28	6,9	182,0	18,0	73,0
29	7,0	56,0	8,0	22,0
30	6,9	88,0	7,0	30,0
31	6,7	44,0	10,0	20,0
32	8,0	92,0	20,0	82,0
33	7,5	44,0	25,0	71,0
34	7,2	152,0	8,0	52,0
35	7,4	170,0	17,0	81,0

*< LD = 0,46 (Abaixo do limite de detecção)

Segundo a tabela 4 no município de Alegrete, em relação ao parâmetro pH, apenas a amostra n° 22 (pH 5,4) apresenta-se fora dos limites estabelecidos pelo portaria MS N° 2914/2011 (entre 6,0 e 9,5), as demais amostras encontram-se dentro do limite estabelecido. De acordo com Esteves (1998) o pH deve ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes, e também das mais difíceis de se interpretar, pois a complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. A amostra que apresenta um pH ácido está normalmente relacionada com a presença de íons H⁺, contudo, fatores como a concentração de gás carbônico e a alcalinidade também podem influenciá-la. De acordo com Feitosa e Manoel Filho (1997) a maior parte das águas subterrâneas possui seu pH entre 5,5 a 8,5.

Para o parâmetro alcalinidade as amostras n° 1 e 27 (valores de 388,6 e 320,0 mg.L⁻¹ respectivamente) encontram-se fora dos limites da Portaria MS N° 2914/2011 (250 mg.L⁻¹). As amostras n° 7 e 18 apresentam-se abaixo do limite de detecção (0,46) e as demais amostras encontram-se dentro dos limites estabelecidos. A alcalinidade é devido à presença

de carbonatos e bicarbonatos, e também da presença secundária de íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia, a alcalinidade pode ser considerada como a soma de todos estes íons presentes na água (FRANTZ, 2005).

De um modo geral as alterações de alcalinidade originam-se da decomposição das rochas que estão em contato com a água, onde reações envolvendo o CO₂ de origem atmosférica e da oxidação da matéria orgânica (SILVEIRA, 2007). Para Libânio (2005) a alcalinidade pode ser decorrente do pH. Em águas com pH entre 4,4 e 8,3 a alcalinidade é dada pela presença de bicarbonatos, pH entre 8,3 e 9,4 pela presença de carbonatos e bicarbonatos e pH maior que 9,4 por hidróxidos e carbonatos. As águas naturais no Brasil geralmente apresentam alcalinidade inferior a 100 mg/L de CaCO₃ (ZOBY, 2005).

Para o parâmetro cloretos e dureza, todas as amostras encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela Portaria MS N° 2914/2011 (250 mg.L⁻¹ e 500 mg.L⁻¹ respectivamente).

Os resultados mostrados na Tabela 5 são referentes às amostras coletadas no município de São Gabriel.

Tabela 5

Resultados das análises das amostras coletadas no município de São Gabriel-RS em 2011 e 2012.

Amostras	pH	Alcalinidade mg.L⁻¹CaCO₃	Cloretos mg.L⁻¹	Dureza mg.L⁻¹CaCO₃
1	6,0	221,4	130,6	54,0
2	6,9	221,4	136,2	55,0
3	6,0	98,6	24,0	78,0
4	7,8	64,0	11,0	37,0

Na Tabela 5 com relação aos parâmetros estudados, todas as amostras encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS N° 2914/2011.

Na Tabela 6 encontram-se os resultados obtidos para as amostras de Santa Maria.

Tabela 6

Resultados das análises das amostras coletadas no município de Santa Maria-RS em 2012.

Amostras	pH	Alcalinidade mg.L⁻¹CaCO₃	Cloretos mg.L⁻¹	Dureza mg.L⁻¹CaCO₃
1	7,1	16,0	14,0	9,0
2	6,5	12,0	15,0	12,0
3	6,6	98,0	19,0	21,0

De acordo com a Tabela 6, as amostras não ultrapassam o limite máximo permitido de acordo com os parâmetros da Portaria n° 2914/2011.

4.1 COMPARAÇÕES DE RESULTADOS ENTRE OS MUNICÍPIOS DE ESTUDO

Na comparação entre os três municípios não pode ser observada diferenças significativas no pH. Apenas a amostra n°22 coletada no município de Alegrete apresentou pH 5,4 fora do limite permitido. No entanto, a média entre o pH dos municípios estudados não teve muita variação de acordo com a Figura 1.

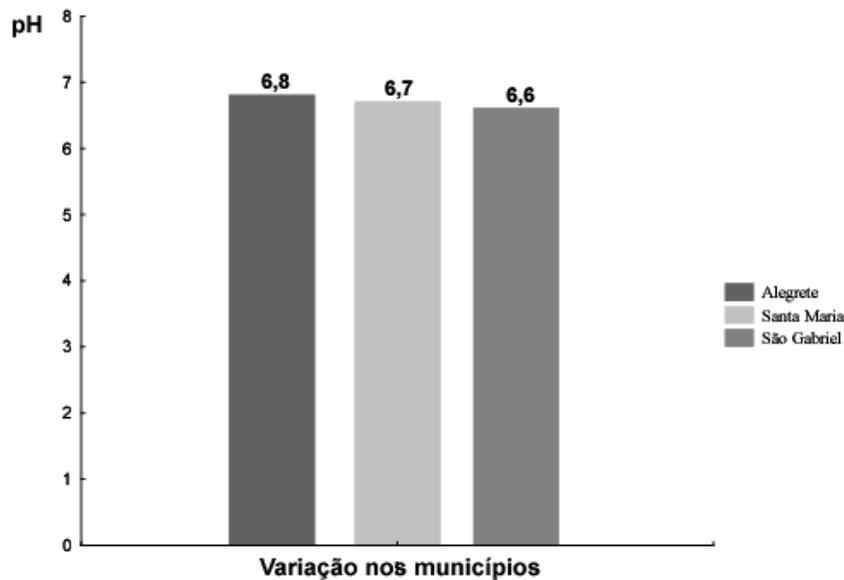


Fig 1. Médias comparativas de pH dos municípios de Alegrete, Santa Maria e São Gabriel, 2011 e 2012.

Em relação à alcalinidade entre as amostras analisadas, Alegrete apresentou duas amostras fora dos limites estabelecidos, mas isso não afetou a média geral para o município. De acordo com a média dos municípios, a menor média de alcalinidade foi o município de Santa Maria ($42,0 \text{ mg.L}^{-1}$) como apresenta a Figura 2.

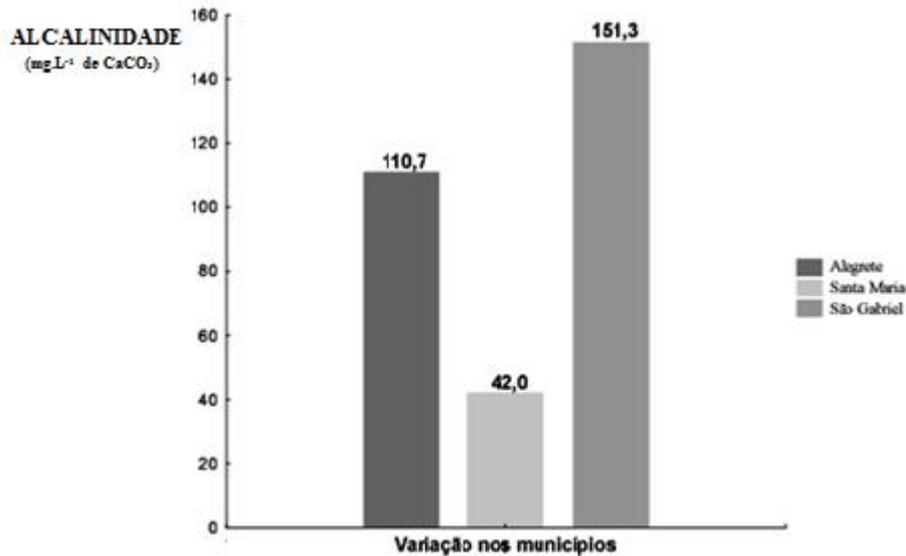


Fig 2. Médias comparativas de alcalinidade para os municípios de Alegrete, Santa Maria e São Gabriel, 2011 e 2012.

Para os parâmetros de cloretos e dureza, todos os municípios encontram-se com suas amostras dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS N° 2914 de 12 de dezembro de 2011; avaliando-se as médias, São Gabriel apresentou valor mais alto de cloretos ($75,4 \text{ mg.L}^{-1}$) em relação aos outros municípios como mostra a Figura 3. Para a dureza o município de Santa Maria apresentou menor média ($14,0 \text{ mg.L}^{-1}$) conforme a Figura 4.

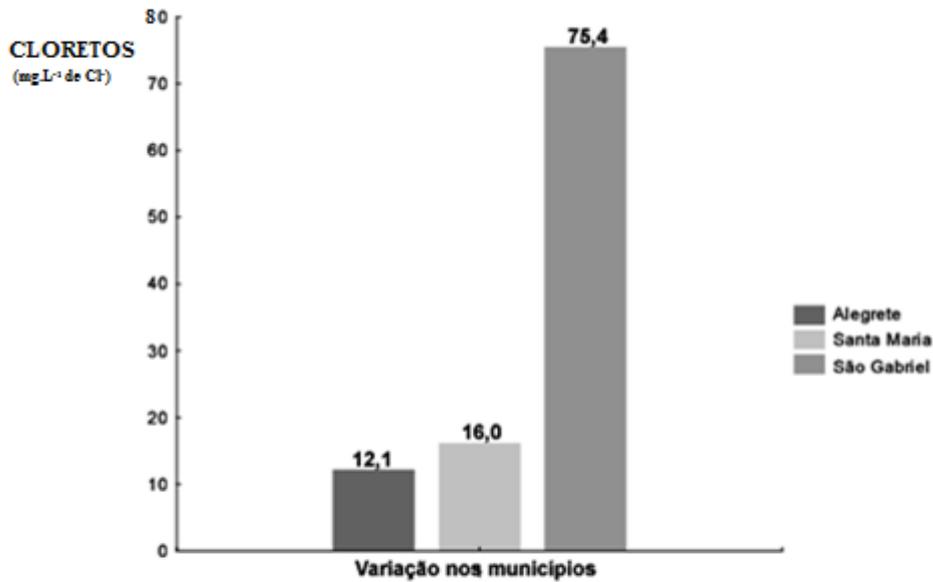


Fig 3. Médias comparativas para cloretos nos municípios de Alegrete, Santa Maria e São Gabriel, 2011 e 2012.

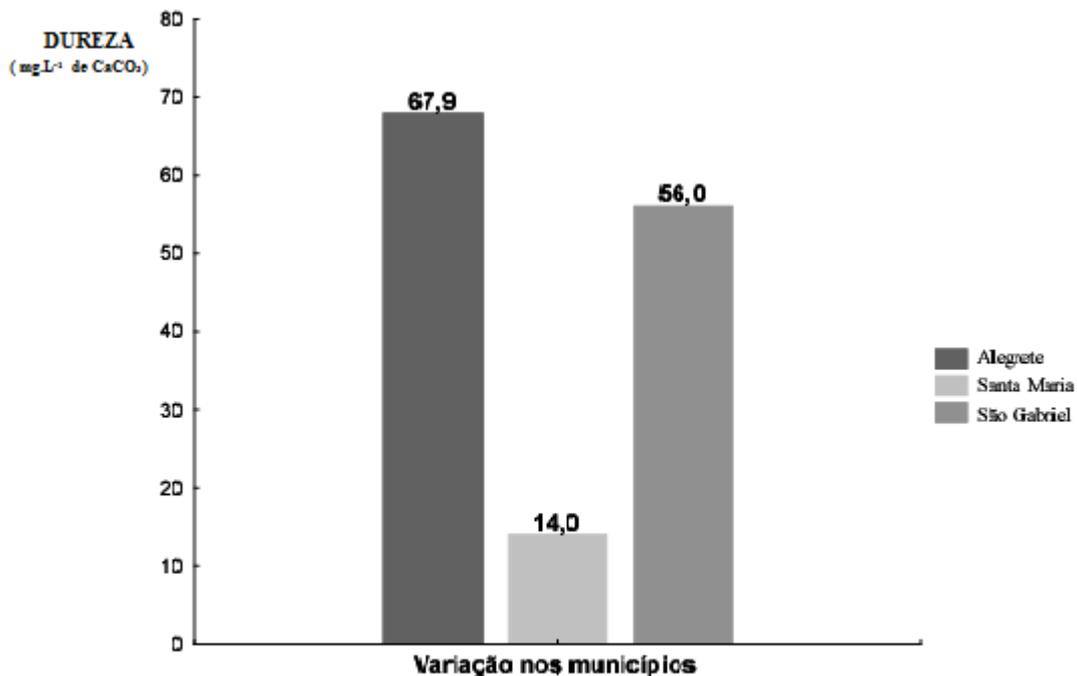


Fig 4. Médias comparativas de dureza nos municípios de Alegrete, Santa Maria e São Gabriel, 2011 e 2012.

Para Dyminsky (2006) existem alguns fatores que intervêm no transporte de substâncias em solos, podendo alterar a composição química, quando a água entra em contato com ele, como: características de algum tipo de contaminante (solubilidade,

densidade, concentração, pH, D.B.O., D.Q.O, etc.); características do solo pelo qual ele percola (granulometria, mineralogia da fração argila, permeabilidade, matéria orgânica, etc.); características do ambiente (tempo de exposição do solo a algum contaminante, presença de microrganismos, condições hidrogeológicas, condições aeróbicas/anaeróbicas e temperatura que pode alterar a permeabilidade do solo). Considerando isso devem ser realizadas análises de solo, pois este pode interferir em diferentes formas sobre os parâmetros analisados neste trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados gerados pelas análises e, considerando-se os limites estabelecidos pelos órgãos vigentes, para os parâmetros estudados foi possível observar que a água de poços semi-artesianos analisada nos municípios de São Gabriel e Santa Maria encontra-se dentro dos padrões estabelecidos para pH, alcalinidade, cloretos e dureza.

No município de Alegrete duas amostras encontram-se abaixo do limite de detecção (0,46) e três amostras apresentaram-se fora dos padrões, que podem estar relacionadas a ação antrópica ou por influência do solo. O uso antrópico pode elevar o potencial de contaminação quando não existem métodos de controle, e também o tipo de solo pode influenciar na composição do aquífero.

Portanto novos estudos devem ser realizados nestas áreas, desta forma é imprescindível o monitoramento desses locais para garantir a qualidade da água e prevenir a poluição.

6. REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2005.
- AYERS, R.S et al. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p.
- ATKINS, P et al. **Princípios de química; Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: bookman, 2001. 354p;
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2 ed. Bookman. Porto Alegre – RS, 2002.
- BRAGA, B.et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 305p.
- BRANCO, S. M. **Água: origem uso preservação**. 2ºed. São Paulo: Ed Moderna, 2003. 96 p;
- BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, de 02 de setembro de 1981;
- BRASIL. Portaria (Ministério da Saúde) nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF, de 13 de dezembro de 2011;
- CARVALHO, F, S, de et al. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. **In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2004;
- CERVO, T. **Influência da finura e do teor de pozolana na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto**. 2001 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2001.
- DEMETRIO, J. G. A et al. **Estudo de vulnerabilidade e proposta de proteção de aquíferos na faixa costeira norte de Pernambuco**. FADE/UFPE/CPRH, 2004;
- DORES, E.F.G.de et al. **Contaminação Do Ambiente Aquático Por Pesticidas. Estudo De Caso: Águas Usadas Para Consumo Humano Em Primavera Do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar**. *Quim. Nova*, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001;
- DYMINSKI, A. S. **Contaminação de solos e águas subterrâneas**. Publicado na web em outubro de 2006: Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019_Contaminacao_de_solos.pdf>. acesso em 10 de abril de 2013;
- ECKHARDT, R. R et al. **Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil**. *Ampli-Água*, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2009;

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro - RJ, 2ª Edição; Interciência Editora, 1998.

FARIAS, M. S. S de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. 2006. Tese (Doutorado) - UFCG -Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FERREIRA, W. B. **Solução Alternativa de Abastecimento de Água para Consumo Humano em Comunidades Difusas: Monitoramento e Controle de Qualidade da Água**. 2008 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2008;

FRANTZ, L. C. **Avaliação do Índice de Vulnerabilidade do Aquífero Guarani no Perímetro Urbano da Cidade de Sant' Ana do Livramento-RS**. Santa Maria/RS. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria- UFSM, 2005.

GARCEZ, L. N. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 2º ed. 1974, 205 p;

HAGE, D.S et al. **Química analítica e análise quantitativa**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 1º ed, 2012;

HIRATA, F et al. **Vulnerabilidade à poluição de aquíferos**. In.: FEITOSA, F. A. C (org.) **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812p.

HOLLER, F. J et al. **Princípios de análise instrumental**. 6. ed, Porto Alegre: Bookman, 2009. 1056 p

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE cidades. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=rs>> acesso em 24 de abril de 2013;

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE cidades. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=431690>> acesso em 24 de abril de 2013;

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE cidades. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=431830>> acesso em 24 de abril de 2013;

KULCHESKI, E et al, **C. Controle dinâmico da qualidade da água**. Disponível em: <www.sanepar.com.br/sannepar/v16/controle_qualidade.html> acesso em 06 de setembro de 2012;

LENZI, et al, **Introdução a química da água: Ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 603p;

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento da água**. 2ed. Campinas: Átomo, 2005;

LEAL, A. S. **As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e usos**. Brasília: ANEEL, 1999. 1 CD-ROM;

MACHADO, C. J. S. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios"**. *Sociedade e Ambiente*. v. VI, n. 2, p. 121-136, jul/dez, 2003;

MANOEL FILHO, J et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM/LABHID. Fortaleza, 1997. 412 p.

MEIRA, R. M et al. Efeito do distanciamento em relação ao mar na agressividade por cloretos. **In: Instituto Brasileiro do concreto - 44º Congresso Brasileiro**, 2002.

MIRLEAN, N et al. **O Impacto Industrial Na Composição Química Das Águas Subterrâneas Com Enfoque De Consumo Humano (Rio Grande, Rs)**. *Quim. Nova*, v. 28, n. 5, p.788-791, 2005;

OLIVEIRA, R., FERNANDES, C. **DETERMINAÇÃO DA DUREZA TOTAL (Dureza de Cálcio e Magnésio)**. 2007. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dureza.html>> Acesso em 03 de junho de 2011;

OLIVEIRA, A,I,L et al. Proposição metodológica para modelagem da vulnerabilidade e risco dos recursos hídricos subterrâneos na sub-bacia do alto paraguaçu, estado da bahia. **In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2009.

OLIVEIRA, A.M.P. **Alcalinidade e Dureza das Águas**. Dez, 2007. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/adm/download/Alcalinidade_e_Dureza.pdf>. Acesso em 30 de setembro de 2011;

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004. 207 p.

REBOUÇAS, A. C et al, **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 749 p.

ROCHA, J. C et al. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 154p.

SILVEIRA, T. Análise Físico-Química Da Água Da Bacia Do Rio Cabelo, João Pessoa/Pb. **In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa**, PB. 2007;

WASHINGTON, D.C. **Manual de mantenimiento de equipos de laboratorio**. Organización Panamericana de la Salud. Area de tecnologia y prestación de serviços de salud. Unidad de medicamentos esenciales, vacunas y tecnologias em salud. THS/EV, 2005. Disponível em: <http://www.ins.gob.pe/repositorioaps/0/4/jer/cnsp_resanti_documentos_tecnicos/Manual_Mantenimiento_para_equipo_llaboratorio.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2013.

ZOBY, J. L.G et al. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. **In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 12, Florianópolis: ABAS. 2002, CD-ROM;

ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. de. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. 80 p.

ANEXOS

ANEXO I

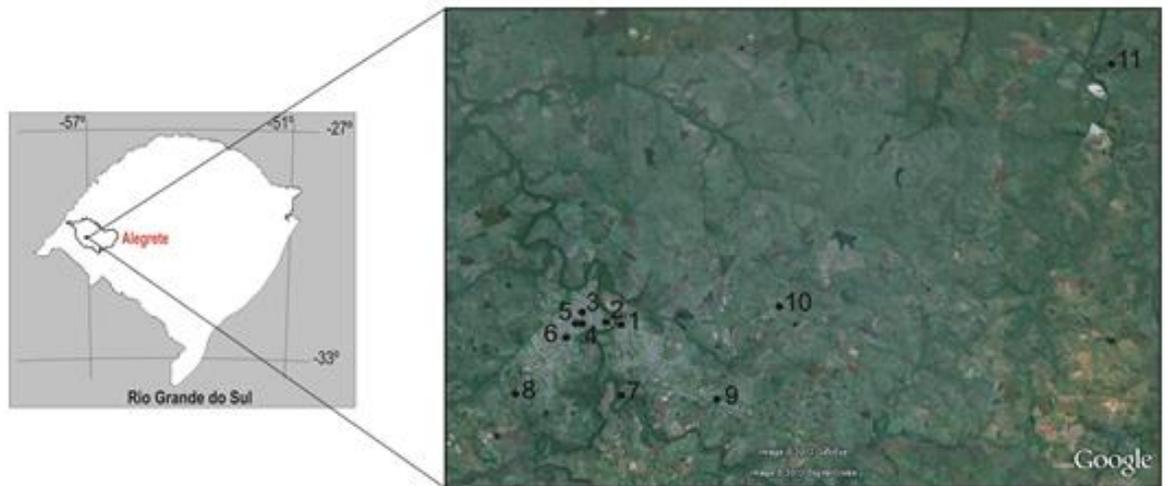


Figura 5: Localização dos pontos de coleta das amostras no município de Alegrete-RS.

Fonte: Google Earth (2012).

ANEXO II



Figura 6: Localização dos pontos de coleta das amostras no município de Santa Maria-RS.

Fonte: Google Earth (2012).

ANEXO III



Figura 7: Localização dos pontos de coleta das amostras no município de São Gabriel-RS.

Fonte: Google Earth (2012).