

AValiação DO pH E CONDUTIVIDADE EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BARRAGEM DE REJEITOS EM MINAS DO CAMAQUÃ

Ruben Cruz Siqueira

Orientadora: Prof.^a Dra. Anelise Marlene Schmidt

Abstract

The copper mining at Camaqua mines, ended at 1996, was the major mineral deposit at the south of the country over a century. The deposit is formed by copper minerals clastic sedimentary rocks from the Arroio dos Nobres Formation, from the Bom Jardim Group (TESSARI&PICADA, 1966). This work presents the results of pH and conductivity of surface waters collected at João Dias stream and waste barrage at Camaqua mines. The results were evaluated by the resolution 357/2005 of CONAMA and the pH values were according the minimum and maximum limits. Furthermore, the results were compared to historical data of previous works and to audit at the same area of this study.

RESUMO

A mina de cobre nas Minas do Camaquã, exaurida em 1996, representou durante mais de um século o principal depósito deste metal no sul do país. Vários ciclos intermitentes de exploração e exploração ocorreram durante este período. O depósito é formado por minerais sulfetados de cobre entre outros, que estão disseminados em rochas sedimentares clásticas na Formação Arroio dos Nobres, do Grupo Bom Jardim, de idade Pré-Cambriano Superior (+700Ma), arenitos conglomerados apresentando os mais diversos sulfetos, como, bornita, cuprita e calcosina. O presente trabalho apresenta os resultados para o projeto de Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Mineração no campus da UNIPAMPA - Caçapava do Sul. Foram realizadas coletas de amostras de águas superficiais no arroio João Dias e na barragem de rejeitos, objeto deste estudo, para medidas de pH e condutividade. Ao mesmo tempo os resultados foram avaliados segundo a resolução CONAMA 357/2005. Os resultados foram comparados com os dados históricos de trabalhos anteriores efetuados por outros autores e auditorias no local, de acordo com a revisão bibliográfica.

Palavras-chave: pH, condutividade, águas, Minas, Camaquã.

1 Introdução

As atividades mineiras são de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico de qualquer país. De acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2011, o setor foi responsável por 4,1 % do PIB (Produto Interno Bruto), e também pela geração de aproximadamente 296 mil empregos diretos no setor de exploração mineral. A mineração é responsável por mais de 2 milhões de trabalhos no Brasil, envolvidos de alguma forma com o setor, segundo o IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração).

A mineração de cobre e ouro iniciou em de 1870 nas Minas do Camaquã, interior do município de Caçapava do Sul, e foi ao longo do tempo sendo executada de forma rudimentar até 1975, sendo que os rejeitos da mineração foram sempre depositados nas proximidades do curso do arroio João Dias. A partir de 1975 iniciaram-se novas explorações, cubagens e avaliações nas jazidas das Minas do Camaquã e em 1980 foi instalado o Projeto Expansão Camaquã – PEC.

A mineração de cobre nas Minas do Camaquã, que representou durante mais de um século o principal depósito deste metal no sul do país e após a PEC, reiniciou suas operações mineiras e teve seu fechamento em 1996, pois em função de políticas econômicas nacionais e internacionais, explorar o cobre já não era mais economicamente viável.

A mineração tem seus pontos positivos, de produzir metais e agregados de fundamental importância para a qualidade de vida dos seres humanos, e certamente continuará por muito tempo. Medidas de mitigação são necessárias não só para evitar a remediação bem como para minerar com mais consciência ambiental. Metais como Cu, Zn, Fe e Mn em proporção adequada, são micronutrientes de vital importância para o desenvolvimento do ecossistema, acima de determinados limites estes são tóxicos. Metais como Hg, Ag, Pb e Cd são tóxicos em qualquer quantidade (LAYBAUER, 1995).

De acordo com Kopenzinski (2000), o processo de exploração mineral, subterrâneo ou a céu aberto alteram a topografia do terreno pela extração e pela deposição de rejeitos em locais que não são os de sua origem. Isso ocorre na maioria das explorações, com algumas exceções onde o rejeito volta a ser depositado no local minerado, tentando recompor a topografia ou o preenchimento de galerias. De acordo com Sanchez (2001), mesmo com uma intensa fiscalização e melhorias no licenciamento ambiental, os passivos ambientais estão sendo cada vez mais recorrentes no Brasil.

De acordo com cada passivo ambiental remanescente da mineração é importante levar em consideração os custos legais bem como as indenizações a população afetada, e as despesas para a recuperação da área degradada (MILARÉ, 2004).

A mineração de minerais metálicos gera em seus processos impactos ambientais aos a fauna, flora, ao solo e aos sedimentos, por metais pesados bem como alteração no pH de águas superficiais. (DAMES&PESTANA, 2007).

No presente trabalho foram investigados o pH e a condutividade em amostras de águas de três pontos, historicamente conhecidos, nas minas do Camaquã, e que são classificadas como águas doces classe II, conforme resolução do CONAMA 357/2005.

2Objetivos

2.1 Objetivo principal

Avaliar o pH e a condutividade no arroio João Dias a montante (ponto de controle intermediário), vertedouro da bacia de rejeitos e no extravasor da bacia de tratamento, comparando os dados obtidos com os dados históricos e discutir a situação atual referente à resolução do CONAMA 357/2005.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar um plano de amostragem e determinar pontos de coleta.
- Determinar o pH e a condutividade das amostras de águas do Pt 1, vertedouro da bacia de rejeitos, Pt 2, extravasor da bacia de tratamento e do Pt 1, arroio João Dias a montante (ponto de controle intermediário).
- Realizar análise comparativa do pH e condutividade dos pontos atuais com os pontos históricos e discutir a situação referente à resolução do CONAMA 357/2005.

3 Área de estudo.

3.1 Mapa de situação e localização.

A área em estudo está situada na antiga mineração de cobre bem como a bacia de rejeitos que ficam nas Minas do Camaquã, no 3º distrito do município de Caçapava do Sul, estado do Rio Grande do Sul, (Figura 1). Encontra-se a 130 km da Cidade de Bagé e a 310 km do Porto da Cidade de Rio Grande, por onde o concentrado de cobre produzido era enviado para a metalúrgica da Caraíba Metais, em Camaçari na Bahia.

A rota de Porto Alegre - RS, até as Minas do Camaquã pode ser pelas seguintes rodovias: BR-290 (220 Km), BR 153 (52 Km) e RS-625 (26km), totalizando 298 quilômetros e pode ser localizada através das Coordenadas Geográficas (30°54'57.16"S e 53°25'30.26"O).

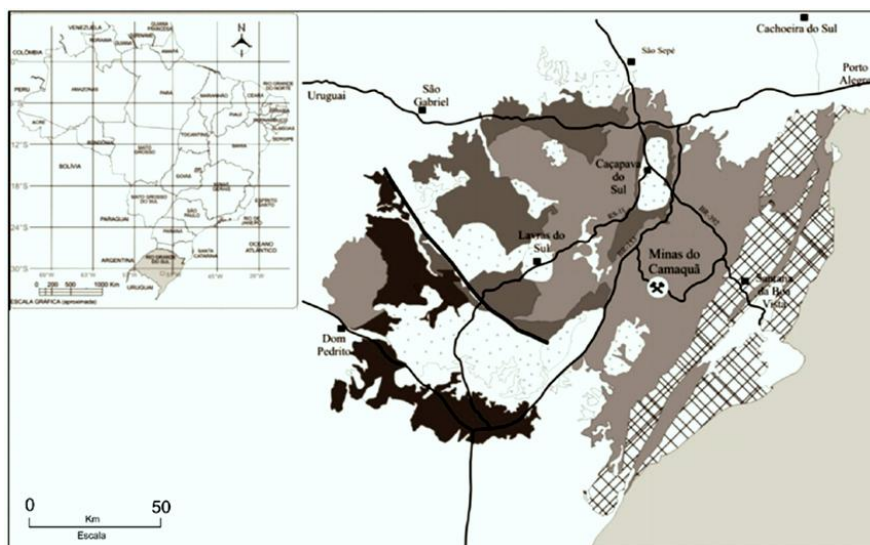


Figura 1: Mapa de situação e localização, (Fonte:TCC-Fleck&Zago,2013).

Na figura 2 mostra o mapa de estudo, área da barragem de rejeitos e sua bacia, bem como o curso do arroio João Dias, seus pontos históricos (CBC), bem como os pontos atuais (TCC/18) e suas respectivas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator).

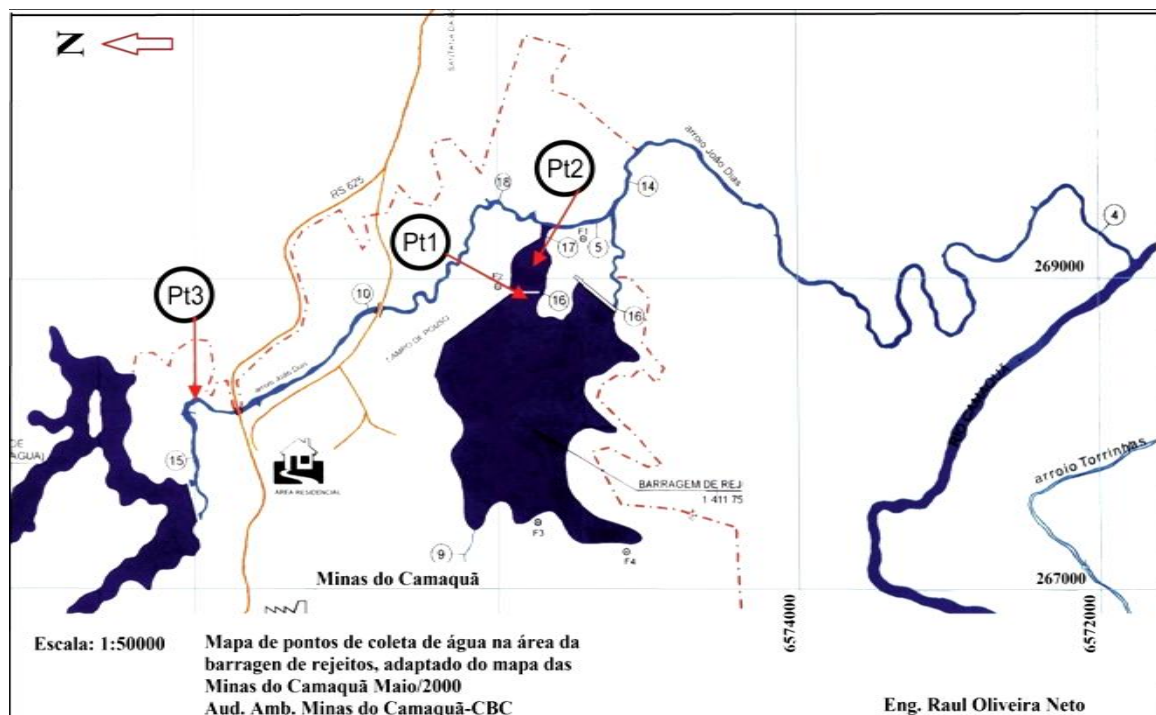


Figura 2: Mapa da área de estudo (Barragem de Rejeitos), pontos de coleta de água, (Fonte: MINERAR CONSULTORIA E PROJETOS).

Coordenadas Pontos, UTM 22 J – Pt 1-Vertedouro da bacia de rejeitos,UTM-0268960-E; 6577054-S, Pt 2- Extravasor da bacia de tratamento, UTM-0269085-E; 6577110-S, Pt 3- a montante no arroio João Dias UTM-0268238-E; 6579363-S.

Os pontos históricos avaliados neste trabalho foram: Excepcionalmente o ponto 4- Arroio João Dias - Barra do Rio Camaquã (ponto incomum); 10-Pontilhão arroio João Dias; 15-Extravasor da Barragem de captação de água; 16- Vertedouro da bacia de rejeitos; 17- Extravasor da bacia de tratamento.

4 Revisão bibliográfica.

4.1 Geologia Regional

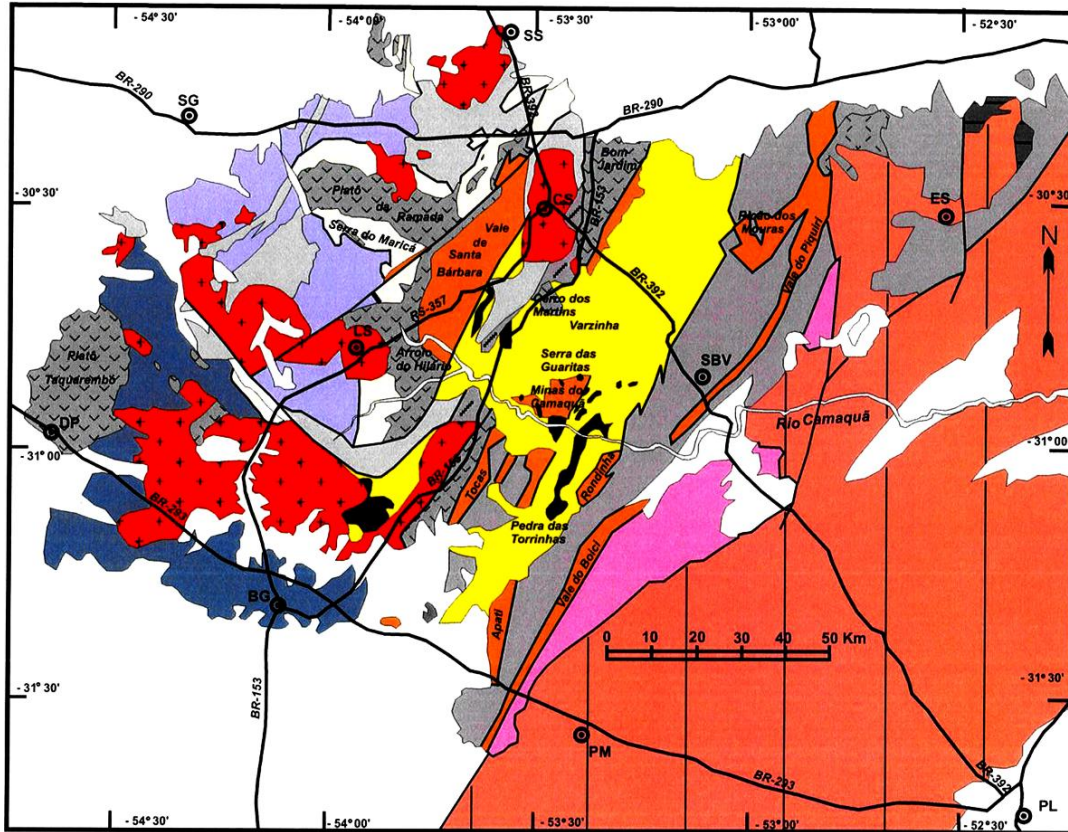


Figura 3: Esboço geológico no Escudo Gaúcho na porção centro-sul do rio Grande do Sul, (Fonte: Fambrini G.L., 2003).



De acordo com Fragozo-Cesar et al, 2003, “o super grupo Camaquã, unidade litoestratigráfica que preenche a bacia homônima, aflora em três sub-bacias principais de direção preferencial NNE-SSW separadas pelos altos de embasamento de Caçapava do Sul e da Serra das Encantadas (sub-bacias Camaquã Ocidental, Central e Oriental (Figura 3),

cujos depósitos, como regra com espessura mínima superior a 6000m, organizam-se, da base para o topo, nas unidades Grupo Marica, siliciclástica, Grupo Bom Jardim, vulcano-sedimentar, Formação Acampamento Velho, vulcânica, Grupo Santa Barbara e Grupo Guaritas, siliciclásticos, e Suite Intrusiva Rodeio Velho”.

4.2 Geologia Local

O depósito de cobre é formado por minerais sulfetados de cobre entre outros, que estão disseminados em rochas sedimentares clásticas na Formação Arroio dos Nobres, do Grupo Bom Jardim, arenitos conglomerados apresentando os mais diversos sulfetos, como, bornita, cuprita e calcosina (TESSARI&PICADA, 1966).

4.3 Trabalhos históricos na área

A mina foi descoberta em 1865 e teve seu fechamento em 1996, e foi o principal depósito metálico do sul do País. As explorações ao longo do tempo tiveram períodos intermitentes ao passo que parte dos efluentes e rejeitos foram carreados pelas águas para o arroio João Dias, “onde sua sub-bacia hidrográfica tem uma área de 308 km² e deságua no alto curso do rio Camaquã que é o mais importante rio de drenagens do Escudo Sul-Rio-Grandense para a Lagoa dos Patos” (BAISCH, 1994).

A mineração de cobre e ouro iniciou em de 1870 e foi ao longo do tempo sendo executada de forma rudimentar até 1975, sendo que os rejeitos da mineração foram sempre depositados nas proximidades do curso do arroio João Dias. A partir de 1975 iniciaram-se novas explorações, cubagens e avaliações nas jazidas das Minas do Camaquã e em 1980 foi instalado o Projeto Expansão Camaquã - PEC, com investimento do BNDS- (Banco Nacional do Desenvolvimento) e as minas passaram a ser de propriedade da CBC (Companhia Brasileira do Cobre). Em 1984, em função da alta pluviosidade local ocorreram sucessivos extravasamentos no vertedouro ocasionando parte do rompimento da barragem de rejeitos no lado norte. A área da barragem foi calculada em 155,93 hectares e os rejeitos ejetados recobriram 64,43 hectares, totalizando 220,36 hectares. Após esse evento manutenções adequadas foram executadas (ROCHA, 2013).

Depois de uma avaliação, das áreas de mineração de metálicos no Escudo Sul Rio-Grandense, efetuada pela FEPAM, foram definidas prioridades pelo sistema de pontuação e concluiu-se que a prioridade seria dada à região com maior urgência nas gestões ambientais frente aos passivos ainda encontrados nas áreas. Fatores devidamente selecionados que incentivaram os estudos para a avaliação da qualidade dos passivos ambientais gerados pela mineração em Minas do Camaquã (FEPAM, 2007)

A CBC iniciou o monitoramento dos recursos hídricos em maio de 1980, porém, só foi oficializado em 1992 quando, a CBC juntamente com a FEPAM, realizou amostragens de águas e sedimentos em 17 pontos de coleta de acordo com o mapa na figura 1, para monitoramento das águas na bacia hidrográfica formada pelo Rio Camaquã e arroio João Dias. Os parâmetros adotados para este monitoramento seguiram as resoluções do CONAMA em vigência na época (Resolução CONAMA 20), que classifica águas doces de Classe II.

Como medida mitigadora, em 1992 a CBC colocou em funcionamento uma unidade de tratamento dos efluentes que foi executada em várias etapas sucessivas com a finalidade de flocular o cobre, bem como outros minerais dissolvidos na água.

Este sistema de controle e tratamento funcionou por quatro anos, até maio de 1996, quando ocorreu o fechamento da mina, por razões econômicas (MINERAR, 2000&CBC, 1992-96).

4.4 Avaliações de pH e condutividade das águas superficiais na área da bacia de rejeitos

Foram avaliados pH e condutividade das águas em quatro pontos de coletas, 01,15,14 (17),03, de acordo com o mapa na figura 2, pelo período de 1987 a 1991, apresentando a média anual dos índices de pH em um gráfico e comparados com os índices admitidos pelo CONAMA 20 para Águas de Classe II (MINERAR, 2000&CBC, 1980-92).

Em 1998, foram feitos estudos estatísticos e avaliados os incrementos de concentrações de metais pesados (Cu, Pb, Zn, Fe e Al), em suspensão nas águas superficiais em estudo e avaliados também o pH e a condutividade das águas superficiais. A Companhia Brasileira de Cobre (CBC), operadora da mina, fez as coletas análises de metais e parâmetros físicos químicos, conforme os critérios preconizados pelo “Standard Methods” (APHA, 1985). Foram comparados dados históricos da CBC, 1980-93. As mudanças mais significativas do ponto de controle (“background”) da área para os pontos impactados foram: pH de neutro a básico (7 a 8,5) e a condutividade de: 100 μ S/cm no ponto de controle à 310 μ S/cm na área de influência da mineração (LAYBAUER,1998).

Em novembro/2011 e março/2012, foram feitas amostragens de águas e sedimentos em três pontos historicamente amostrados pela FEPAM. As concentrações totais de metais em águas foram obtidas conforme os critérios preconizados pelo “Standard Methods” e, em sedimentos de corrente, por extração total com ácidos fortes (HF-HNO₃-HClO₄) e H₂O₂, na fração silto-argilosa. Observou-se que o ponto branco C1JD, de controle já não pode mais ser considerado “ponto branco” por apresentar parâmetros elevados (condutividade, dureza, Cu e Fe totais em águas, Cu e Mn em sedimentos) Foram avaliados o pH e a condutividade das amostras de águas. As concentrações de Cu e Fe no ponto JD1 foram menores do que na avaliação de 2005, porém ainda indica alta contaminação e as concentrações de Cu total nas águas indicam contaminação na foz do arroio João Dias com o rio Camaquã (ANDROVANDI&PESTANA, 2011/2012).

Esteves (2011), comprovou que a sazonalidade, a localização dos pontos de amostragem e a interação entre eles afetam significativamente os teores médios da condutividade elétrica, rejeitando as hipóteses nulas. A condutividade elétrica muda de acordo com a sazonalidade sendo menor no período chuvoso por causa do aumento da diluição dos íons. Os lançamentos de efluentes industriais podem elevar os valores da condutividade elétrica independentemente da sazonalidade. Não existe um padrão de condutividade na legislação, porém, de acordo com Von Sperling (2007), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 μ S/cm, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 μ S/cm.

4.5 Condutividade e pH

Condutividade é a medida da habilidade de uma solução aquosa conduzir corrente elétrica. Esta habilidade depende da presença de íons, de sua concentração, mobilidade iônica e da temperatura. Soluções contendo compostos inorgânicos são consideradas bons eletrólitos. Já as moléculas de compostos orgânicos não dissociam em soluções aquosas portanto são condutores muito fracos.

A condutância de uma solução é medida entre dois eletrodos quimicamente inertes e está diretamente proporcional à área dos eletrodos e inversamente proporcional à distância entre os eletrodos. A unidade da condutância é o inverso da resistência, portanto $1/R$, que corresponde a Siemens, S, no SI (Sistema Internacional de Unidades). A condutividade é a medida da condutância da solução entre os eletrodos e a unidade é o Siemens por cm ou S/cm. (Standard Methods)

As medições se fazem no aparelho condutivímetro que liga uma célula a um medidor que fornece uma corrente alternada com a frequência da ordem de 1000 Hz. A corrente alternada reduz a possibilidade de ocorrer eletrólise o que pode provocar a polarização dos eletrodos. Os aparelhos modernos possuem um dispositivo de calibração onde o instrumento é ajustado para um certo valor da constante da célula utilizando-se normalmente uma solução de cloreto de potássio de concentração conhecida. Ao medidor fica acoplado um sensor de temperatura, normalmente um termômetro de resistência de platina, que corrige automaticamente as medições de condutividade para a temperatura de calibração do aparelho. (VOGEL, 1992).

Medidas de condutividade em laboratório são úteis para:

- Avaliar as variações de concentração de minerais dissolvidos em águas superficiais e efluentes. Variações sazonais encontradas em águas superficiais contrastam com as flutuações em algumas águas de rios poluídos. Águas residuais também podem apresentar variações diárias consideráveis na condutividade;
- Verificar o efeito da concentração total de íons em reações em equilíbrio químico;
- Estimar a quantidade de sólidos dissolvidos em uma amostra multiplicando a condutividade, em S/cm) por um fator empírico que depende se a amostra tem acidez ou alcalinidade consideráveis. (APHA, 1999).

Em química o pH, que significa potencial de hidrogênio, é uma escala adimensional utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa. Esta escala vai de 0 a 14, onde valores abaixo de 7,0 indicam substâncias ácidas e acima de 7,0 substâncias básicas. O pH foi definido originalmente por Sorensen (1909) em termos da concentração dos íons hidrogênio em mol/L (BUCK, 2002). Em termodinâmica o pH é determinado pelo logaritmo na base dez da atividade do íon hidrônio em mol/L conforme equação 1. A escala de pH pode assumir valores abaixo de zero (negativos) ou acima de catorze quando se tratando de bases ou ácidos muito fortes.

$$pH = -\log_{10} [aH^+] \quad (1)$$

O pH pode ser determinado usando um medidor de pH (também conhecido como pHmetro) que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro. O medidor de pH é um voltímetro com uma escala que converte o valor de potencial do eletrodo em unidades de pH. Este tipo de eletrodo é conhecido como eletrodo de vidro, que na verdade, é um eletrodo do tipo "íon seletivo". O aparelho precisa ser calibrado utilizando-se soluções tampão de pH 4, 7 e 10 para ajuste interno do potencial de referência.

O pH pode ser determinado indiretamente pela adição de indicadores de pH na solução em análise. Estes indicadores variam sua cor conforme o pH da solução. Indicadores comuns são a fenolftaleína, o alaranjado de metila e o azul de bromotimol.

O pH é um dos principais fatores determinantes da especiação geoquímica dos metais devido a sua distribuição entre as fases dissolvida e particulada na água. Sendo assim em pH básico observa-se as formas particuladas e coloidal dos metais o que favorece a sua decantação para os sedimentos dos corpos hídricos. Em pH ácido predominam as formas iônicas do metal na fase dissolvida e no caso de pH neutro observa-se ambas as fases, particulada e dissolvida (LAYBAUER, 1998).

No estudo da auditoria da CBC, realizado após dois anos de encerramento das atividades da mina de cobre, observou-se valores de pH em torno de 7 indicando que não houve formação de águas ácidas em função da oxidação de sulfetos (CBC, 2000). Estes sulfetos são facilmente alterados por soluções oxidantes e tendem a gerar soluções ácidas com altas concentrações de sulfato (LAYBAUER, 1998).

No estudo de Laybauer (1998), foi observado um aumento do pH médio da água nos pontos sob influência da mineração, que foi relacionado ao tratamento químico a base de sulfato de alumínio associado a um polímero não aniônico de cadeia pesada utilizado na época de atividades da mina. No entanto, valores de pH obtidos próximos da neutralidade indicaram que ocorreu uma boa diluição dos efluentes da mina pelas águas do arroio João Dias.

5 Materiais e métodos

5.1 Coleta de amostras

Foram feitas coletas de águas superficiais em três pontos na bacia de rejeitos (área de estudo), conforme a Tabela 1, em períodos sazonais, abril, junho, outubro e novembro de 2018, onde essas águas são classificadas como águas doces, classe II Resolução do CONAMA 357/2005. Estas amostras foram acondicionadas em frascos de polipropileno.

Tabela 1: Pontos de amostragem de águas superficiais conforme pontos historicamente amostrados pela CBC/FEPAM no mapa da área (Figura 2), (barragem de rejeitos).

Pontos	Descrição	Localização - UTM-J22	Pontos Equivalentes (CBC)
Pt-1	Vertedouro da bacia de rejeitos	0268960-E; 6577054-S	16
Pt-2	Extravasador da bacia de tratamento	0269085-E; 6577110-S	17
Pt-3	A montante no arroio João Dias	0268238-E; 6579363-S	15 e 10

O Pt-1 equivalente ao ponto 16 no vertedouro da bacia de rejeitos, Pt-2 equivalente ao ponto 17 no extravasador da bacia de tratamento; Pt-3 equivalente ao ponto 15 e 10, pontos de controle, sem influência da mineração ou de rejeitos a montante no arroio João dias.

5.2 Materiais

- Medidor de pH de bancada
- Condutivímetro de bancada
- Pipetas, copos de Becker, Provetas
- Frascos de polipropileno
- Termômetro

5.3 Parâmetros Físico-Químicos

Logo após as coletas, foram efetuadas medidas de pH e condutividade em aparelhos de bancada no laboratório de Química do campus da universidade.

6 Resultados

O processamento e a interpretação dos dados obtidos foram efetuados com base nos aspectos teóricos sobre a composição química e a disponibilidade de complexos de águas superficiais em sistemas de bacias de rejeito. Também foram comparados os resultados relativos a qualidade da água com o padrão legal recomendável para águas doces – Classe II, segundo resolução do CONAMA 357/2005.

Os gráficos das Figuras 4 e 5 apresentam os resultados obtidos de pH e condutividade dos três pontos avaliados e cujos valores estão descritos na Tabela 2.

A condutividade da água nos dá a concentração total de íons dissolvidos na água, apesar de não nos fornecer dados reais de concentração de um determinado íon presente, ela nos dá uma boa noção da salinidade total. De acordo com o gráfico da figura 4 a condutividade foi variável entre abril e novembro. No ponto Pt1 oscilou de 134,7 a 172,6 $\mu\text{S}/\text{Cm}$, no Pt2 teve maior oscilação, de 168,8 a 398 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ e no Pt3 teve um decréscimo acentuado de 61,9 à 36 $\mu\text{S}/\text{Cm}$.

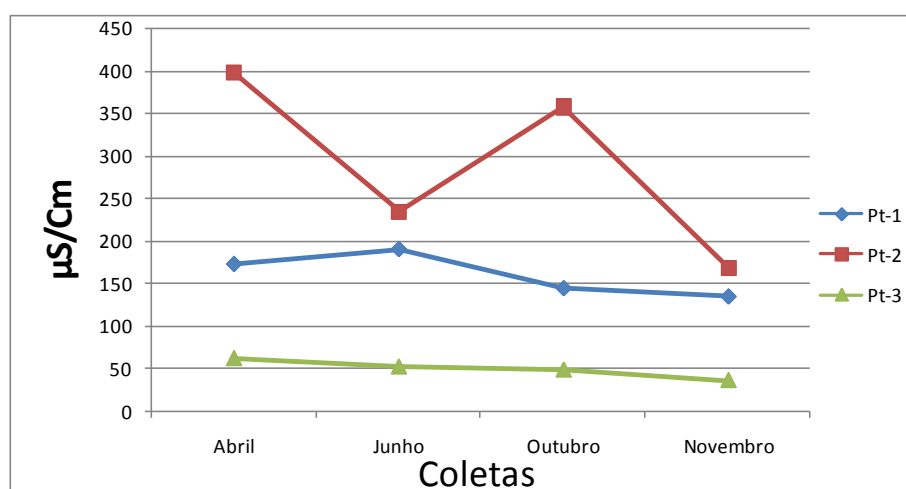


Figura 4: Medidas de condutividade de amostras de água, Abril, Junho, Outubro e Novembro - 2018.

Valores de pH obtidos para os três pontos (Figura 5) indicam águas com caráter de levemente ácido a básico e estão dentro dos limites da resolução do CONAMA 357/2005 (6,0 a 9,0).

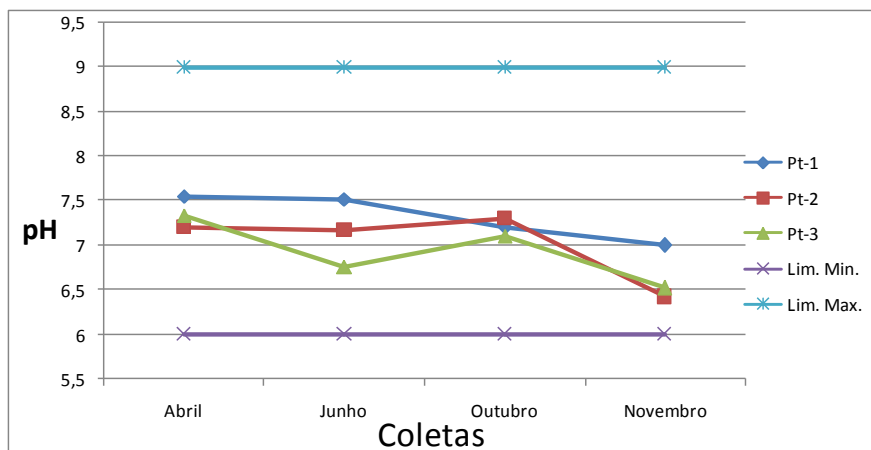


Figura 5: Medidas de pH de amostras de água, abril, junho, outubro e novembro.

A Tabela 2, mostra as datas das coletas de águas realizados em 2018, nos pontos 1, 2 e 3 e os parâmetros de condutividade e pH das respectivas amostras.

Tabela 2: Coletas de água sazonais, Pt 1, Pt 2, Pt 3, condutividade e pH, realizadas em 2018.

Data de coletas -2018	Pontos	$\mu\text{S}/\text{Cm}$	pH
	Pt1	172,6	7,55
16/04/2018	Pt2	398	7,2
	pt3	61,9	7,34
	Pt1	190	7,52
21/06/2018	Pt2	235	7,17
	pt3	52	6,76
	Pt1	144,4	7,2
08/10/2018	Pt2	358	7,3
	pt3	48,4	7,1
	Pt1	134,7	7
21/11/2018	Pt2	168,8	6,42
	pt3	36	6,52

A Tabela 3, mostra as médias anuais dos valores de condutividade e pH, realizados em 2018 para os pontos: Pt 1, no Pt 2, e no Pt 3.

Tabela 3: Médias de pH e condutividade no ano de 2018.

Pontos	Cond. $\mu\text{S}/\text{Cm}$	pH
Pt1	160,425	7,3175
Pt2	289,95	7,0225
pt3	49,575	6,93

A Tabela 4 mostra os resultados médios anuais do pH e condutividade da água em estudos realizados entre 1987/2012, por auditoria da CBC, estudo de Laybauer e Androvandi e FEPAM - 2011/2012 para comparação dos dados históricos. De acordo com esses dados e os pontos de coletas do mapa da barragem de rejeitos (Figura 2), foi editada uma coluna com os pontos equivalentes deste estudo, Pt 1, Pt 2 e Pt 3, em comum ou contíguos aos pontos do mapa, coluna (Pontos Mapa, CBC).

Tabela 4: pH e a condutividade de dados históricos (n: dado não informado).

Históricos	Pontos Mapa (CBC)	Amostra	Data	pH	Cond. $\mu\text{S}/\text{Cm}$	Pontos equivalentes
Auditoria -CBC 1987/91	15	JD1	1987/91	4,8	n	Pt3
	17	n	1987/91	n	n	Pt2
Laybauer	15-10	JD1-JD2	1980/1993	7,4	200	Pt3
A./CBC - Trat. - 96	10	JD1	fev//set/96	6,6	36,35	Pt3
Androvandi-FEPAM-2011	17	JD1	nov/11	6,5	40,3	Pt2
Androvandi-FEPAM-2012	17	JD1	mar/12	6,8	78,2	Pt2
Androvandi-FEPAM-2011	15	ClJD	nov/11	6,8	361	Pt3

Comparando-se os dados do presente trabalho (Tabela 3) com os dados históricos da (Tabela 4), observa-se que os valores de pH dos pontos em comum tiveram uma elevação indicando que, atualmente, as águas avaliadas apresentam um caráter neutro a ligeiramente básico. A condutividade, por sua vez, apresenta muitas oscilações o que é comum para este parâmetro que está diretamente relacionado com a maior ou menor dissolução de sais conforme a pluviosidade.

7 Conclusão

Os valores de pH dos três pontos avaliados estão dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para águas superficiais mostrando caráter neutro a levemente básico. Isso indica que não existem remanescentes ácidos do tempo de funcionamento da mina de cobre quando se utilizava sulfatos para tratamento dos efluentes.

A condutividade apresentou valores maiores no ponto 2, extravasor da bacia de tratamento, indicando que ali ainda podem existir sais dissolvidos remanescentes de quando houve o rompimento da barragem.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que atualmente não existe impacto ambiental relativo a possíveis remanescentes do processo de mineração de cobre na área em estudo.

8 Referências bibliográficas

APHA., **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, American Water Works Association, Water Environment Federation, USA, (1999).

ANDROVANDI, P., PESTANA, M.H.D.; **Avaliação da contaminação por metais na área das Minas do Camaquã**, Fundação Estadual de Proteção Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Salão UFRGS-2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12621; NBR 9896; NBR 13799**. Determinação da alcalinidade em águas. Rio de Janeiro, set 1992 - 1993 - abr1997.

BRASIL, Resolução CONAMA N° 20, 5 de junho de 1984. **O conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**, art. 7°. Inciso IX, do Decreto 88.351, de 1° de junho de 1983. Disponível em: < <https://www.unaerp.br/documentos/2225-resolucao-conama-20-1986> >. Acesso em 29 novembro 2018.

BRASIL, Resolução CONAMA N° 357, 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília n° 053, 58, p. 63, 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 16 novembro 2017.

BUCK, R. P. **Measurement of pH, Definition, standards, and procedures**, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 74, No. 11, pp. 2169–2200, 2002, INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, IUPAC.

DAMES, J. DOS S., PESTANA, H. D. JUL./DEZ. 2007. Gestão ambiental de áreas contaminadas por mineração de minerais metálicos no Escudo Sul Rio-Grandense. **Fepam em Revista**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.4-12

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FRAGOSO-CESAR A.R.S., ALMEIDA R.P., FAMBRINI G.L., PELOSI A.P.M.R., JANIKIAN I. 2003. A Bacia Camaquã: **Um sistema intracontinental anarogênico de rifts do (Neoproterozóico III-Eopaleozóico) no Rio Grande do Sul**. in SBG Encontro sobre a Estratigrafia do Rio Grande do Sul, 1, Porto Alegre, ES, 2003, Anais.

FAMBRINI, G. L.; **O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozoico III) da Bacia do Camaquã Rio Grande do Sul**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências, SP, 2003.

FLECK, A. C. B.; ZAGO, L. E. O., **Estudo e caracterização para o reaproveitamento do rejeito remanescente da mineração de cobre das Minas do Camaquã Caçapava do Sul – RS**, Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2013.

MILARÉ, E. 2004. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 3.ed. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais.

MINERAR, P. C.; CBC, CIA. BRAS. COBRE, 2000. **Auditoria Ambiental das Minas do Camaquã**. Caçapava do Sul.

PESTANA, M. H. D.; FORMOSO, M. L. L.. **Estudo comparativo espaço-temporal da contaminação residual por metais em duas áreas de mineração de Cu e de Au na Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã**, Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, I. 21-26, outubro, 2001, Curitiba – Pr – Brasil, Congresso Brasileiro de Geoquímica, VIII. Curitiba, Sociedade Brasileira de Geoquímica – SBGq; 2001. 103f.

KOPENZINSKI, I. **Mineração x Meio Ambiente: Considerações Legais, Principais Impactos Ambientais e seus Processos Modificadores**, Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000, 103 p.

LAYBAUER, L. **Análise das transferências de metais pesados em águas e Sedimentos fluviais na região das Minas do Camaquã**, RS. 1995. 164f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1995.

LAYBAUER, L.,; **Incremento De Metais Pesados Na Drenagem Receptor De Efluentes De Mineração** – Minas Do Camaquã, Sul Do Brasil, RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS, Volume 3 n.3 Jul/Set 1998, 29-36.

ROCHA, G.S.; AZEREDO R.B.; CIROLINI, A.; BRUSH, A.F.; **Mapeamento multitemporal da dispersão de rejeitos na sub-bacia hidrográfica do arroio João Dias, Minas do Camaquã Caçapava do Sul** – Resumo, UFPEL – Universidade Federal de Pelotas-RS, 2013.

SANCHEZ, L. E. 2001. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, p.

TESSARI, R. I.; PICADA, R. S., **Geologia da quadricula Encruzilhada do Sul**, Rio Grande do Sul, Brasil, Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral DNPM, Rio de Janeiro, 124, 127p, 1966.

VOGEL, I.G., **Análise química quantitativa** 5ª ed., LTC, Rio de Janeiro, Cap. 17, PP.521-556, 1992.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte:UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

AGRADECIMENTOS

Ao Gov. Federal e a Instituição UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa – Caçapava do sul - RS, por ter me proporcionado o retorno aos estudos.

A PRAEC e ao NUDE pela devida atenção quanto a bolsa permanência entre outros.

A secretaria e ao Corpo Docente do meu e de outros cursos que o campus oferece e que nunca mediram esforços para me dar atenção especial em todos os sentidos de suas atribuições.

Em especial as Prof.^a Dra. Anelise M. Schmidt, por aceitar o convite para ser minha orientadora neste TCC.

A Prof.^a Dra. Delia Del Pilar M. A. pelo apoio prestado em saídas de campo.

A Prof.^a Dra. Caroline Wagner, pelo empréstimo do reagente Cuprizona.

Pela colaboração do técnico Guilherme Pacheco Casa Nova do laboratório de Química do campus Caçapava do Sul.

Pela colaboração da técnica em mineração, Ângela C. B. Fleck em análises.

Pela contribuição do Engenheiro Paulo Castro da Rosa nas coletas e análises de águas.

Aos meus irmãos, a minha mãe Terezinha C. S. e a minha tia Izaura Michel, bem como a sociedade Caçapavana, por terem reconhecido meus trabalhos profissionais e me dado apoio moral e econômico ao longo desse percurso, sem os quais eu não teria como dar continuidade ao meu curso, pois perdi a minha bolsa permanência após ter expirado o prazo para me formar.

Aos meus primos Leci G. P. Cruz e Cilon dos Santos Cruz, por terem me recebido por uma semana em Cascavel, distante de minha cidade natal, para prestar as provas do ENEM.

Aos amigos (as) e colegas de aulas, pelos trabalhos em equipes e pelas inúmeras saídas de campo, que nos proporcionaram maior interação social e prática em muitas atividades de nossos cursos.

A UNIPAMPA - Campus Caçapava do Sul por ter me proporcionado o estagio obrigatório em metodologia de modelagem 3D de superfícies topográficas texturizadas, orientado pelo Prof. Dr. Felipe Guadagnin.

A COOGAMAI (Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai), por ter me proporcionado o estágio em exploração de pedras preciosas (Ametista), não obrigatório, em Ametista do Sul – RS, na pessoa do Sr. Pres. Izaldir A. Sganzerla.

Ao Eng^o. Anderson Oliveira por ter me orientado e a Bióloga Raquel Ceratti por ter me dado suporte técnico nas visitas técnicas às galerias de exploração de ametistas e nas áreas em recuperação ambiental.

A CBC – Companhia Brasileira do Cobre, representada pelo Sr. Dir. Pres. Paulo Regis Mônico Junior, por ter me proporcionado o livre acesso à área de estudo, sem o qual eu não teria como concluir este trabalho.