

# AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DA CHUVA EM DIFERENTES PONTOS NO MUNICÍPIO DE CAÇADOR – SC

## *Avaliation of the physical and chemical characteristics of water rain in differents points in the municipality of Caçador (SC)*

Marizete Muller Martins <sup>1</sup>  
Leyza Paloschi de Oliveira <sup>2</sup>  
Bianca Schweitzer<sup>3</sup>

Recebido em: 28 out. 2015  
Aceito em: 02 mai. 2016

**RESUMO:** A chuva tem várias partículas dissolvidas e elas são responsáveis pelas características físicas e químicas da água. A chuva natural tem valor de pH em torno de 5,6, mas, abaixo deste, provoca a chuva ácida e efeito prejudicial. O objetivo deste estudo foi avaliar as características físicas e químicas da água da chuva em três pontos diferentes no município de Caçador (SC). As variáveis de pH, condutividade, turbidez, dureza e a concentração de ions de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e CO<sub>2</sub> livre de amostras de água foram estudados. O coletor manual da água da chuva foi construído com bacia de aço inoxidável a 1,5 metros do solo. As 13 amostras de cada local foram coletadas até 24 horas após a chuva, durante o período de 26 de agosto a 18 de Outubro de 2013. No período de análise foi observado chuvas naturais e ácidas. A faixa de valor de pH variou entre 4,6-6,8. As concentrações dos minerais cálcio, potássio e magnésio influenciaram a condutividade eléctrica. Os íons NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> foram pesquisados e observou-se uma grande concentração de nitrato nas amostras de água da chuva. O nitrito foi o ion com valor mais baixo dentre todos. A concentração de livre CO<sub>2</sub> aumentou quando o valor de pH diminuiu.

**Palavras-chave:** Atmosfera. Água da chuva. Indústria. Chuva ácida.

**ABSTRACT:** Particles present in the rain play an important rule for physical and chemical characteristics of water. Rain as natural water has pH-value of 5.6 and below that, it is considered acid rain and it has injurious effects. The objective of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics of water rain in three different points sampled from the municipality of Caçador (SC). The variables pH, conductivity, turbidity, hardness, and the ions concentration of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and CO<sub>2</sub> free of water samples were studied. The manual collector of rainwater was built with stainless vessel 1.5 meters height from the soil surface. The 13 samples of each place were taken until 24 hours after the rain, during the period from 26 of August to 18 October 2013. The pH-value ranged between 4.6 to 6.8. The concentrations of calcium, potassium, and magnesium influenced the electric conductivity. Among ions, the highest concentration in the water rain was nitrate,

<sup>1</sup> Bióloga pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - Caçador/SC. E-mail: muller-05@hotmail.com.

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal de Santa Catarina e Docente da Universidade alto Vale do Rio do Peixe, Campus Caçador. E-mail: leyza2uniarp.edu.br.

<sup>3</sup> DSC Química, pesquisadora da EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Estação Experimental de Caçador, Caçador, SC. E-mail: biancaschweitzer@epagri.sc.gov.br.

---

whereas the nitrite was the lowest. The concentration of free CO<sub>2</sub> increased irrespectively the pH-value.

**Keywords:** Atmosphere. Rain water. Industry. Acid rain.

## INTRODUÇÃO

A chuva tem papel importante de limpeza da atmosfera, pois quando ocorre precipitação, além da água diversas partículas suspensas, por exemplo, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), também são precipitados, interferindo no pH e em outras características físico-químicas da água da chuva (FLUES; HAMA e FORNARO, 2003).

Segundo Leal et al. (2004) a chuva contém diferentes substâncias químicas iônicas e não iônicas, sendo que as substâncias ionizadas desempenham papel importante nos processos de acidificação do meio aquoso. Dentre as substâncias presentes na composição da água da chuva, além das carbonáticas, destacam-se os cátions e ânions inorgânicos Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Chuvas com pH igual ou superior a 5,6 são consideradas normais, porém quando a chuva apresenta pH inferior a este valor ela passa a ser classificada como chuva ácida por diversos autores (FLUES; HAMA e FORNARO, 2003).

A chuva ácida normalmente se forma quando o dióxido de enxofre e o óxido de nitrogênio reagem com a água na atmosfera e se transformam em ácidos nítrico e sulfúrico (JESUS, 1996). As reações químicas entre o dióxido de enxofre e a água e o óxido de nitrogênio e a água, ocorrem na presença da radiação solar e como consequência, diminuem o pH da água das chuvas de acordo com os níveis de poluição onde ocorre a precipitação (MIRLEAN; VANS e BAISCH, 2000).

O problema da acidificação das chuvas é bem conhecido e relatado em diferentes lugares, em especial, nas regiões de maior concentração industrial, pois a presença na atmosfera dos poluentes que ocasionam a chuva ácida é proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis (MIRLEAN; VANS e BAISCH, 2000).

Segundo Galvão Filho (2013) no Brasil, milhões de toneladas de dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio são descarregados anualmente na atmosfera por meio da queima de combustíveis fósseis.

O dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio são poluentes considerados primários, sendo gerados principalmente por veículos e indústrias. Entre os ramos das indústrias que mais ocasionam este tipo de poluição estão as usinas termelétricas, refinarias de petróleo, indústrias siderúrgicas e processos de fabricação de celulose e fertilizantes (EDUQUIM – UFPR, 2013).

O município de Caçador é considerado atualmente a Capital Industrial do Meio Oeste Catarinense, e suas indústrias são de diversos ramos. Os principais produtos industrializados no município são móveis, papéis, embalagens, plásticos, madeiras, calçados e peles, máquinas, fios e cabos elétricos, alimentos e artigos de vestuário

(CAÇADOR, 2008).

Segundo Jesus (1996) a chuva ácida não provoca efeitos diretos e perceptíveis pela população, passando, deste modo, muitas vezes despercebida pelas pessoas. Ainda segundo o mesmo autor, no Brasil estudos sobre este problema são bastante escassos. De acordo com Mirlean, Vans e Baisch (2000), no Brasil diversas cidades que realizaram estudos sobre o pH da água da chuva obtiveram resultados preocupantes, os quais caracterizaram a chuva como ácida. Dentre as cidades pode-se citar Niterói e Rio de Janeiro, que obtiveram pH entre 4,3 e 5,314; na região sul, tem-se a região metropolitana de Porto Alegre que chegou a ter pH mínimo de 4,0. Eduquim – UFPR (2013) destaca a cidade de Cubatão, no Estado de São Paulo, a qual obteve no ano de 1983 índices de pH em torno de 4,7 a 3,7.

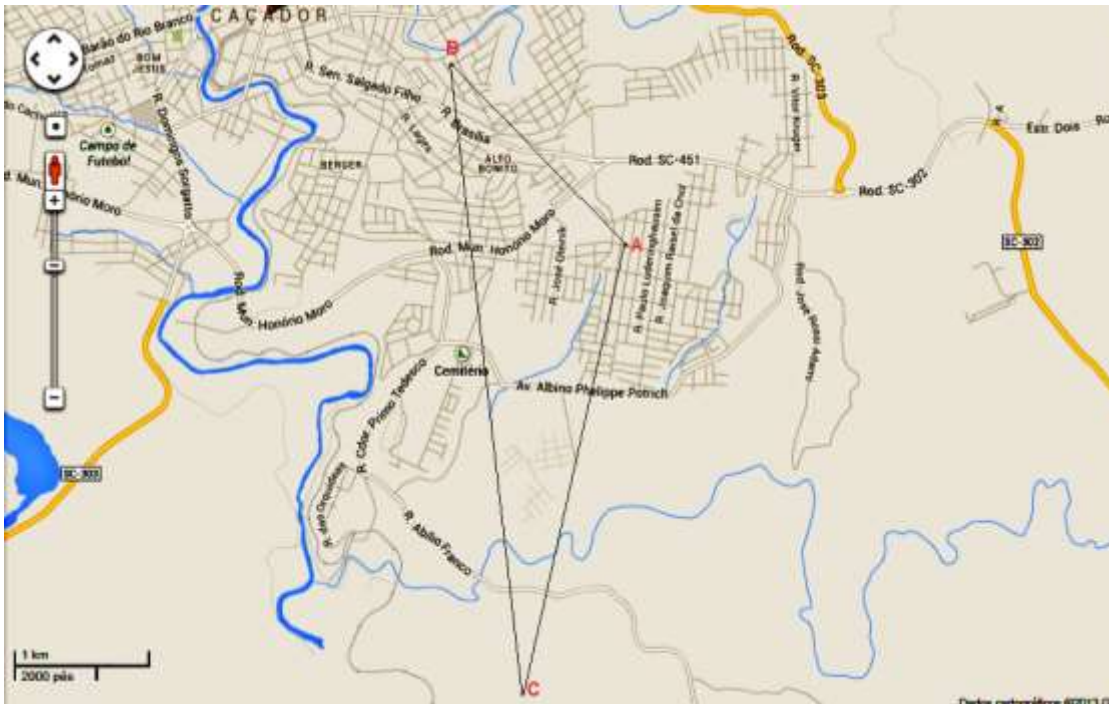
O município de Caçador é considerado atualmente a Capital Industrial do Meio Oeste Catarinense, e suas indústrias são de diversos ramos, variando de madeiras, móveis e papéis, a embalagens e plásticos, calçados e peles, entre outras (CAÇADOR, 2008). Diante da presença de grande concentração de indústrias e a escassez de estudos e dados técnicos a cerca da composição da água da chuva, o que poderá caracterizá-la como normal ou ácida, viu-se a necessidade de realizar um estudo sobre as características físico-químicas da água das chuvas no município de Caçador – SC.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físico-químicas da água das chuvas em diferentes pontos do município de Caçador – SC, visando constatar uma possível formação de chuva ácida nessa área. Os itens analisados consistiram-se na determinação do pH, condutividade, turbidez e dureza, assim como a concentração dos íons  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , além do  $\text{CO}_2$  livre, de amostras da água das chuvas coletadas em três diferentes pontos no município de Caçador – SC, num período de oito semanas, entre agosto e outubro de 2013.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo compreendeu três pontos de coleta, A, B e C, localizados no município de Caçador – SC, nos quais foram instalados os coletores, conforme indicado na figura 1.

**Figura 1** – Localização no mapa dos três pontos de coleta das amostras da água das chuvas



Fonte: Google mapas.

O ponto A localizou-se no bairro Martello, na latitude  $52^{\circ}47'25.6''$  S, longitude  $050^{\circ}59'18.8''$  W e altitude de 936 metros. O coletor foi instalado na horta de um morador voluntário, conforme apresentado na Figura 2 (A).

O ponto B localizou-se no bairro Bello, na porção próxima do centro da cidade de Caçador, com localização precisa na latitude  $26^{\circ}46'44.0''$  S, longitude  $051^{\circ}00'04.9''$  W e altitude de 903 metros. O coletor foi instalado em terreno residencial, conforme apresentado na Figura 02 (B).

O ponto C localizou-se na Estação Experimental da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) de Caçador, com localização na latitude S  $26^{\circ}49'05.6''$ , longitude W  $050^{\circ}59'29.0''$  e altitude de 946 metros, conforme apresentado na Figura 2 (C).

**Figura 2** – Pontos de coleta A, B e C, representados, respectivamente nesta ordem.



As amostras de água de chuva foram coletadas com uma bacia de inox, com 39 cm de diâmetro e capacidade de 10 litros. A bacia ficou apoiada em quatro armações de madeira a 1,5 m do solo, amarrada nos quatro cantos com fio de arame liso galvanizado e coberta por uma tela de nylon. Assim, as amostras ficaram longe do contato com o solo e/ou possíveis contaminantes que pudessem entrar em contato com a água coletada.

As amostragens da água de chuva foram realizadas após cada evento chuvoso, sendo transferidas após a coleta para frascos de polietileno com capacidade de 500 ml e encaminhados para o Laboratório de Ensaio Químico da Epagri – Estação Experimental de Caçador.

As bacias foram instaladas algumas horas antes de se iniciar a chuva e após a coleta, retiradas e guardadas. Assegurou-se a integridade das amostras por meio de lavagem da bacia coletora antes de cada coleta usando-se água destilada.

Determinou-se o pH pelo método eletrométrico, em um aparelho pH-metro Digimed DM20, calibrado a cada análise realizada.

Para a determinação da condutividade elétrica utilizou-se condutivímetro Lutron CD – 4303. Foi preparada uma solução padrão de condutividade de KCl de  $1,412 \text{ mS Cm}^{-1}$  ( ou  $1,412 \text{ mhos Cm}^{-1}$ ) a  $25^\circ\text{C}$ .

Para as determinações da dureza total e da alcalinidade foi realizada uma adaptação da metodologia proposta de Colombo (2013), sendo a dureza total determinada pelo método titulométrico do EDTA monossódico,  $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ , e a alcalinidade determinada pelo método titulométrico, onde se usou como indicador o metilorange.

Foi determinada a concentração dos íons cálcio, magnésio e potássio por espectrometria de Absorção Atômica, da marca PerkinElmer, modelo AA200. Aplicou-se a metodologia para a análise estabelecida na NBR 13812 de abril de 1997 para a

determinação do teor de cálcio e magnésio e a metodologia da NBR 13811 de abril de 1997 para a determinação do teor de potássio nas amostras da água da chuva.

Foi determinada a concentração dos íons amônia, nitrito, nitrato, fosfato e sulfato por meio da utilização de kits da ALFAKIT, que se baseiam em determinações colorimétricas, onde se seguiu a metodologia descrita nas cartelas que acompanham cada kit. Os kits utilizados foram: kit código 004 C Amônia indotest; kit código 031 B Nitrito método NTD; Kit código 030 B Nitrato método NTD; kit código 021 A Fosfato total de baixa concentração; e kit código 045 A Sulfato.

A turbidez das amostras de água da chuva foi determinada em turbidímetro PoliControl AP2000.

A concentração de CO<sub>2</sub> livre nas amostras de água da chuva foi determinada por meio da Equação 1:

$$\text{Equação 1: } \text{mg CO}_2/\text{L} = 2 \times B \times 10^{(6 - \text{pH})} \text{ (ORSSATTO e HERMES, 2007)}$$

Onde,

B = Valor da alcalinidade da amostra.

Determinou-se o teor de sólidos totais nas amostras de água da chuva, através do método gravimétrico (COLOMBO, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre 26 de agosto a 18 de outubro de 2013, ocorreram treze precipitações, gerando a coleta de 13 amostras da água da chuva de cada ponto de coleta avaliado (A, B e C). Foram determinados os parâmetros pH, condutividade, alcalinidade, dureza e turbidez, as concentrações dos principais íons presentes nas águas de chuva: , K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, além do CO<sub>2</sub> livre e sólidos totais dissolvidos.

A tabela 1 apresenta os dias em que ocorreram precipitações pluviométricas no município de Caçador – SC, durante o desenvolvimento deste trabalho.

**Tabela 1** – Volumes diários de precipitação pluviométrica (mm) ocorrida durante o desenvolvimento deste trabalho.

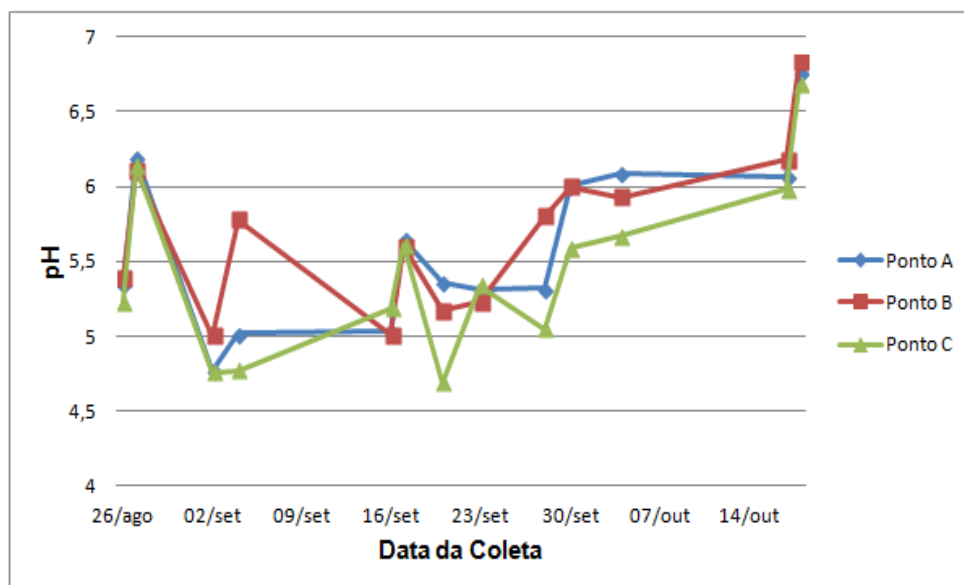
Mês	Agosto																	
Dia	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	4	0	0	0	0	
Mês	Setembro																	
Dia	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	
mm	0	37	0	1,7	0	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	45	97	
Mês	Setembro										Outubro							
Dia	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	01	02	03	04	
mm	0	0	54	0	0	94	0	0	0	0	27	0	8	0	0	0	7	
Mês	Outubro																	
Dia	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	5				

Observação: no dia 09 de setembro foi coletado amostra apenas no ponto C, pois o ponto A e B, não estavam com a bacia coletora instalada.

Segundo diversos autores, chuvas que apresentam pH torno de 5,6 são consideradas chuvas naturais (COGBILL; LIKENS, 1974; CHARLSON; RODHE, 1982; DAVIS; CORNWELL, 1991; HENDREY, 2001; CARVALHO JÚNIOR, 2004 *apud* CUNHA et al., 2009. p. 399). Sendo que este valor usado como referência na classificação de chuvas ácidas (CUNHA et al., 2009).

Os valores de pH das amostras da água da chuva coletadas no ponto A, B e C durante o período de estudo estão representados na Figura 2.

**Figura 2** – Valores de pH em cada ponto de coleta de amostra da água da chuva no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



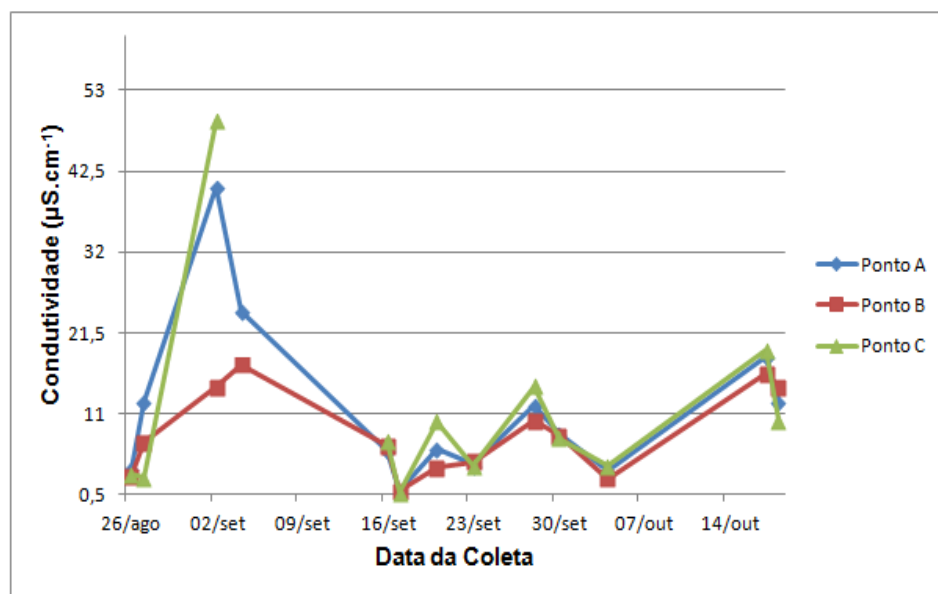
Durante o período de estudo verificou-se que 53,8% das coletas realizadas do ponto A apresentaram pH abaixo de 5,6; no ponto B apenas 38,4% apresentaram pH abaixo deste valor e o ponto C caracterizou-se por apresentar o maior percentual de amostras com

pH abaixo de 5,6, totalizando 61,5% das amostras. Em relação a faixa de variação de pH durante o período analisado obteve-se os seguintes valores extremos: de 4,8 a 6,8; de 5,0 a 6,8 e de 4,7 a 6,7, representados pelos pontos A, B e C, respectivamente.

Com base nos valores de pH apresentados pelas amostras da água da chuva nos três diferentes pontos estudados, pode-se verificar a ocorrência de chuvas ácidas e naturais no município de Caçador – SC. Após longo período de estiagem o pH da água da chuva apresentou valores de 6,1; 6,2 e 6,0, representados pelos pontos A, B e C, respectivamente, correspondentes ao dia 17/10, com 12 dias de estiagem. Quando a ocorrência de sequência de dias chuvosos, o pH da água da chuva foi de 6,8; 6,8 e 6,7 representados pelos pontos A, B e C, respectivamente, correspondentes ao dia 18/10. Este fato evidencia que o pH da água da chuva variou de acordo com os dias de estiagem.

Os valores de condutividade da água da chuva dos eventos amostrados nos três pontos de coleta, no período de agosto a outubro de 2013, estão demonstrados na Figura 3.

**Figura 3** – Valores de condutividade elétrica de cada ponto de coleta de amostra da água da chuva no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



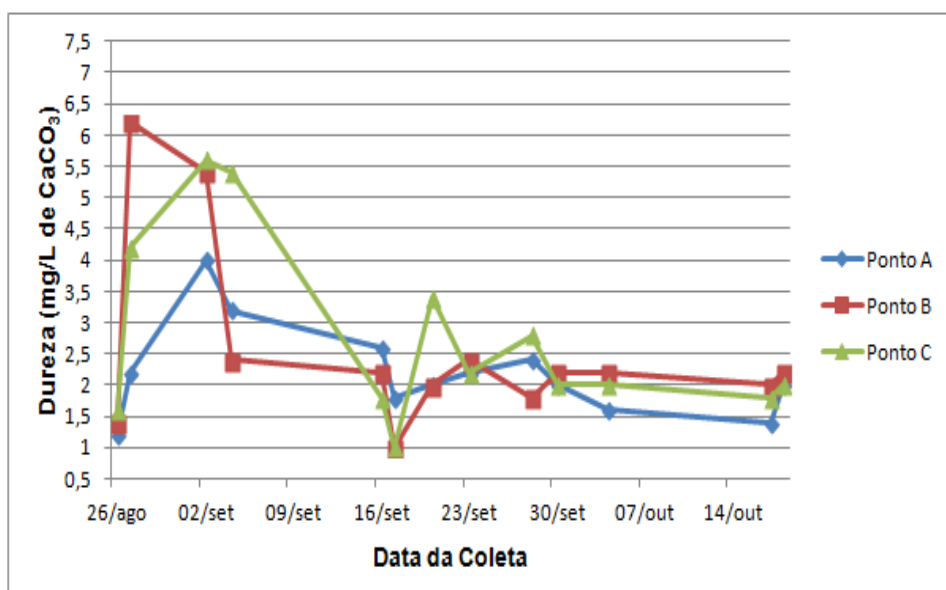
No ponto A os valores extremos foram de 0,9  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  e 40,4  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ . No ponto B os valores variaram de 1,0  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  e 17,4  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ . No ponto C os valores variaram de 0,7  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  e 49,0  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ . Após longo dia período de estiagem, a condutividade elétrica apresentou valores de 18,5  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ , 16,3  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  e 19,3  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ , representados pelos pontos A,B e C, respectivamente, correspondentes ao dia 17/10, com 12 dias de estiagem. Quando a ocorrência de sequência de dias chuvosos, a condutividade da água da chuva foi de 12,7  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ; 14,5  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  e 10,1  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  representados pelos pontos A, B e C, respectivamente, correspondentes ao dia 18/10. Este fato evidencia que a condutividade da água da chuva tende a aumentar quando o período de estiagem é maior. O aumento da condutividade elétrica na água da chuva apresentou correlação com o aumento das espécies iônicas potássio, cálcio e magnésio na maioria das amostras, correlação está também citada por Martins (2008, p. 49). A correlação entre a condutividade elétrica e a



concentração de cálcio foi de 0,77, 0,84 e 0,35 para os pontos A, B e C, respectivamente. A correlação entre a condutividade e a concentração de potássio obtida foi de 0,76, 0,55 e 0,35 para os pontos A, B e C, respectivamente. Em relação às concentrações de magnésio, as amostras apresentaram correlação com a condutividade elétrica de 0,57, de 0,86 e de 0,70 para os pontos A, B e C, respectivamente.

A dureza é uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos, principalmente os de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e, em menor grau, os íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e do estrôncio ( $\text{S}^{2+}$ ) (RICHTER; NETTO, 2002). Denomina-se dureza total a soma das durezas individuais atribuídas à presença de íons cálcio e magnésio (BACCAN et. al., 2001). De acordo com Richter e Netto (2002), as amostras de águas podem ser classificadas, em termos do grau de dureza em moles, quando a dureza é inferior a 50 mg/l em  $\text{CaCO}_3$ ; dureza moderada, com concentração entre 50 a 150 mg/l em  $\text{CaCO}_3$ ; duras, quando o teor de dureza fica entre 150 a 300 mg/l em  $\text{CaCO}_3$  e águas muito duras, quando o valor da dureza é superior a 300 mg/l em  $\text{CaCO}_3$ . Os valores da dureza variaram de 1,2 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  a 4,0 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  para as amostras coletadas no ponto A, no ponto B a dureza das amostras variou de 1,0 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  a 6,2 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  e no ponto C de coleta observou-se variação de 1,0 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  a 5,6 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Os valores obtidos para a dureza nas amostras da água da chuva durante o período de estudo estão expostos na figura 5. Verificou-se que o valor mais alto de todas as amostras para a dureza foi o de 6,2 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  apresentado pelo ponto B no dia 27 de agosto, após dois dias de chuva contínua e sendo está a segunda amostra coletada. Enquanto que o valor mínimo da dureza foi de 1,0 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  apresentado nos pontos B e C, onde ambas as amostras corresponderam ao dia 17 de setembro, após um dia de chuva, sendo a amostra coletada no segundo dia.

**Figura 4** – Valores da dureza obtidos em cada ponto de coleta de amostra da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



Segundo Forti et al., (2000) *apud* Martins (2008, p. 62) “os cátions cálcio, magnésio e potássio encontrados em centros urbanos são, em geral, associados à ressuspensão de

poeira do solo, bem como às atividades das construções civis”.

Os valores referentes às concentrações dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ) das amostras da água da chuva coletadas em três pontos no município de Caçador encontram-se na tabela 02.

**Tabela 2** – Concentrações dos cátions cálcio, magnésio e potássio encontrados nas amostras da água da chuva em três pontos de coleta no município de Caçador – SC, no período de agosto a outubro de 2013.

Data da coleta da amostra	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
	$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	$\text{K}^+$ (mg/L)	$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	$\text{K}^+$ (mg/L)	$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	$\text{K}^+$ (mg/L)
26/ago	91	133	81	72	21	119	81	35	130
27/ago	256	40	248	215	32	251	199	26	190
02/set	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
04/set	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16/set	80	17	88	109	23	147	151	40	293
17/set	106	17	182	95	12	103	121	16	293
20/set	90	14	171	45	9	109	57	11	77
23/set	87	15	126	72	15	108	73	14	114
28/set	238	40	204	243	39	233	216	37	247
30/set	158	25	151	149	24	158	156	15	172
4/out	95	20	136	208	41	255	171	29	153
17/out	1305	200	467	339	80	169	393	90	312
18/out	240	59	530	384	86	409	1153	61	434

NA: Não analisado por quantidade insuficiente de amostra.

As concentrações de cálcio variaram de 80 mg/L a 1305 mg/L no ponto A; no ponto B o valor mínimo observado foi de 45 mg/L e o valor máximo foi de 384 mg/L, enquanto que no ponto C, as concentrações de cálcio variaram de 57 mg/L a 1153 mg/L.

Em relação às concentrações de magnésio as amostras do ponto A apresentaram variação de 14 mg/L a 200 mg/L ; as amostras do ponto B obtiveram valores entre 9 mg/L a 86 mg/L e as amostras do ponto C variaram a concentração entre 11 mg/L a 90 mg/L.

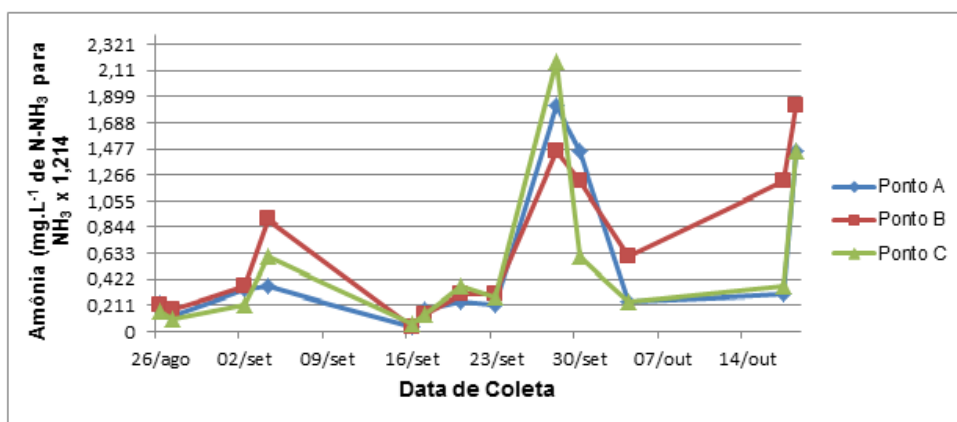
As concentrações de potássio encontradas nas amostras da água das chuvas no ponto A variaram de 81 mg/L a 530 mg/L, no ponto B a variação foi de 103 mg/L a 409 mg/L e no ponto C a concentração variou de 77 mg/L a 434 mg/L.

Foi verificada a correlação entre os íons, sendo que a correlação entre os íons cálcio e magnésio foi de 0,8; 0,9 e 0,6, correspondentes aos pontos A, B e C, respectivamente. A correlação entre a concentração de cálcio e potássio foi de 0,6 para o ponto A, 0,8 para o ponto B e 0,7 para o ponto C. A menor correlação obtida foi entre os íons magnésio e potássio, onde a correlação apresentou valor de 0,4 para as amostras do ponto A, 0,7 para o ponto B e 0,6 para o ponto C.

A Figura 5 mostra o resultado das concentrações do íon amônia nos três pontos de coleta. A concentração variou de 0,0364 mg.L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> a 1,821 mg.L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> no ponto

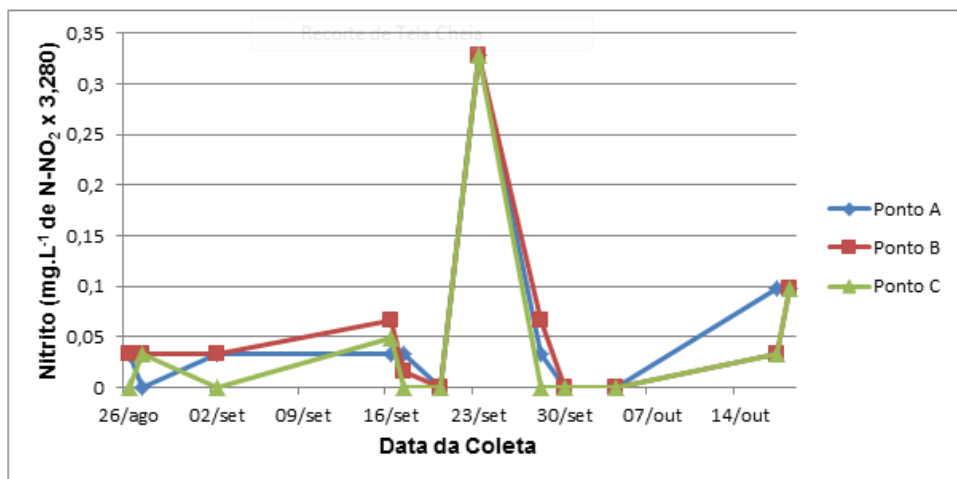
A, de 0,0364 mg.L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> a 1,821 mg.L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> no ponto B e de 0,0607 mg.L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> a 2,1852 mg.L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> no ponto C.

**Figura 5** – Concentração do íon amônia nos três pontos de coleta de amostra da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



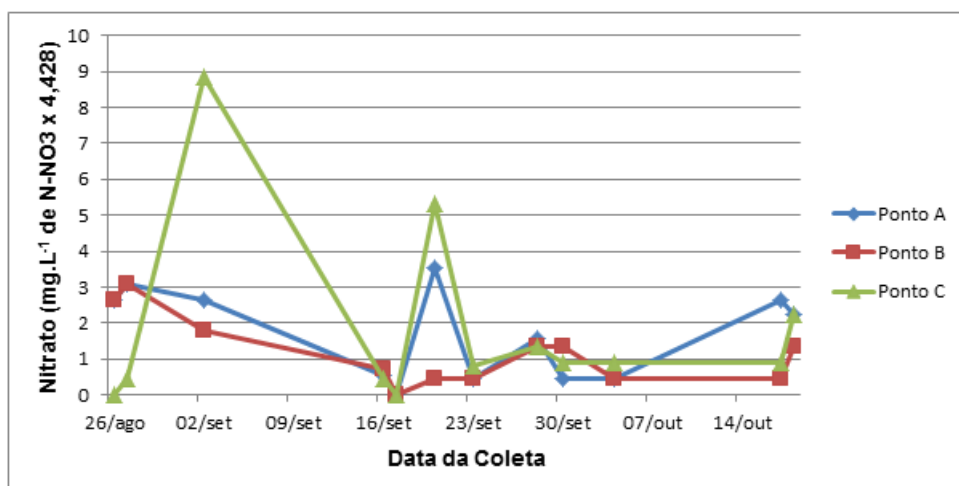
As concentrações de nitrito das amostras da água da chuva, durante o período de estudo, variaram de zero a 0,328 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>2</sub> nos três pontos de coleta, conforme indicado na figura 6. A baixa concentração de nitrito nas amostras, pode ser justificada por ser um estado de oxidação intermediário de nitrogênio, que ocorre tanto pela oxidação do amônio, quanto pela redução de nitrato (BRASIL, 2004 *apud* PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011. p. 22).

**Figura 6** – Concentração do íon nitrito nos três pontos de coleta de amostra da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



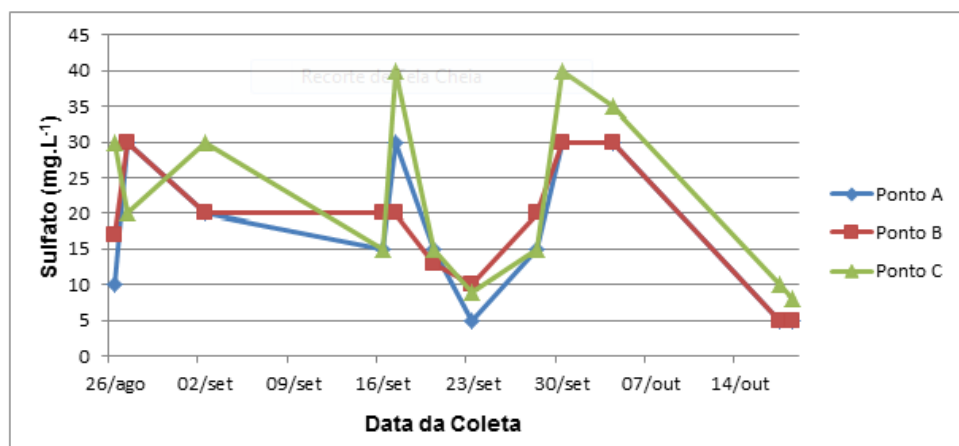
A variação de concentração do íon nitrato foi de 0,00 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> a 3,5424 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> no ponto A, de zero a 3,0996 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> no ponto B e de zero a 8,856 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> no ponto C (Figura 7).

**Figura 7** – Concentração do íon nitrato nos três pontos de coleta de amostra da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



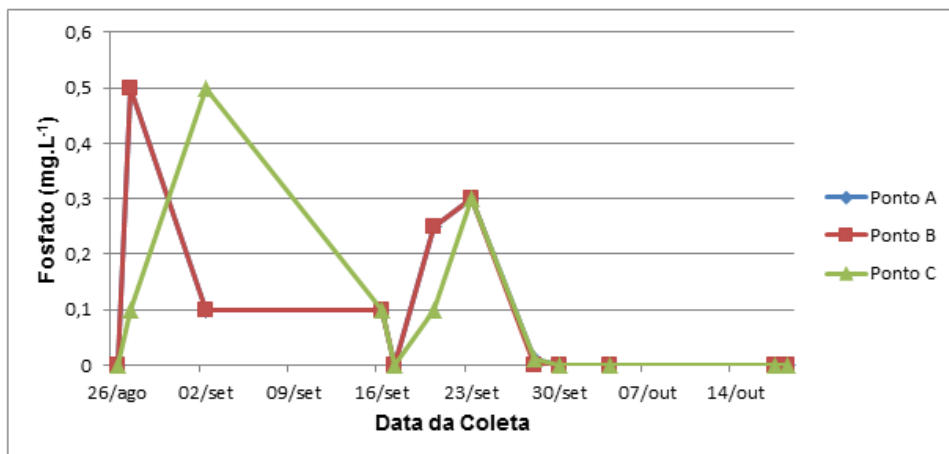
A figura 8 apresenta os valores de concentração do íon sulfato que variou de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> a 30,0 mg.L<sup>-1</sup> no ponto A e B, e de 8,0 mg.L<sup>-1</sup> a 40,0 mg.L<sup>-1</sup> no ponto C. Observaram-se no ponto C as maiores concentrações de sulfato nas amostras da água da chuva analisadas.

**Figura 8** – Concentração do íon sulfato nos três pontos de coleta de amostra da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



A figura 9 apresenta os valores de concentração obtidos para o íon fosfato, nos três pontos de coleta. Nos pontos A e C, 50% das amostras analisadas não apresentaram concentrações de fosfato dentro do limite de detecção do teste e no ponto B o percentual foi de 58,33% das amostras.

**Figura 9** – Concentração do íon fosfato nos três pontos de coleta de amostra da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.

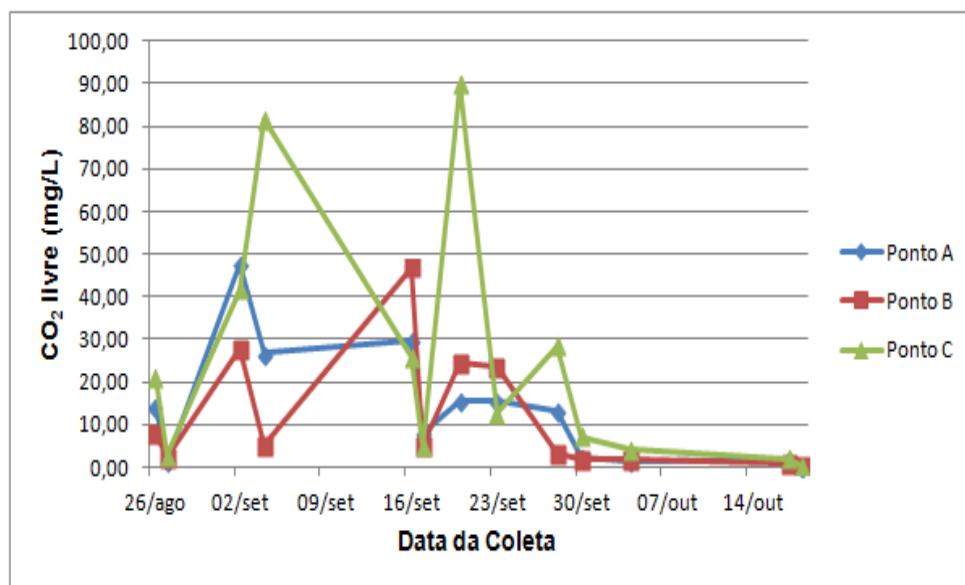


Observando os resultados coletados, os íons sulfato e nitrato foram os que apresentaram concentrações elevadas nas amostras analisadas. Marques et al., (2010) em um trabalho recente cita que o nitrato e o sulfato foram os ânions que se destacaram na maioria das amostras da água da chuva que eles analisaram.

No ponto C de coleta foi observado a menor média de pH (5,4) e foi exatamente onde foram observadas as maiores concentrações médias destes íons. Se considerarmos os valores de 5,6 como o normal para o pH de águas pluviais, neste ponto de coleta a média ficou abaixo, sendo assim considerada chuva ácida.

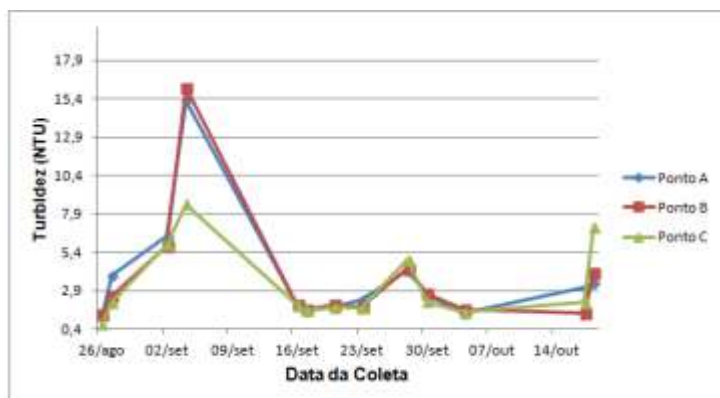
A quantidade de CO<sub>2</sub> livre encontrada nas amostras do ponto A variaram de 0,28 mg/L a 47,55 mg/L, no ponto B a variação foi de 0,47 mg/L a 46,91 mg/L e no ponto C os valores variaram de 0,50 mg/L a 89,94 mg/L, conforme representado na Figura 10. Nos três pontos de coleta a menor quantidade de CO<sub>2</sub> livre foi obtida no dia 18 de outubro, mesmo dia em que foram observados os maiores valores de pH. A maior quantidade de CO<sub>2</sub> livre encontrada foi no dia 23 de setembro, coincidentemente também o dia em que foram observados os menores valores de pH. Sendo o gás carbônico solúvel em água, o aumento de sua concentração causa diminuição do pH, conforme descrito por Albanez e Mattos (2007).

**Figura10** – Valores de CO<sub>2</sub> livre obtidos nos três pontos de coleta da água da chuva, no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



A turbidez é uma característica determinada pela presença de partículas suspensas na água com tamanho variado, que pode ser desde coloides até suspensões grosseiras, deixando a água com uma aparência nebulosa (RICHTER; NETTO, 2002). A figura 11 apresenta os valores de turbidez medidos nas amostras coletadas. No ponto A, a turbidez variou de 1,22 NTU a 15,3 NTU, no ponto B 1,34 NTU a 16,1 NTU e no ponto C a variação da turbidez foi de 0,74 NTU a 8,53 NTU.

**Figura 11** – Valores de turbidez obtida nos três pontos de coleta de amostra da água da chuva no período de agosto a outubro de 2013, no município de Caçador – SC.



## CONCLUSÃO

No município de Caçador – SC, no período estudado, ocorrem tanto chuvas ácidas quanto naturais. Os valores de pH obtidos nos pontos de coleta ficaram entre 4,69 a 6,83. Entre os três pontos de coleta o que apresentou maior acidez da água da chuva foi o ponto C, com cerca de 61,53% das amostras abaixo de 5,6.

Os valores de dureza encontrados nas amostras da água da chuva foram baixos,

caracterizando-as como moles.

Durante o período de estudo, os cátions que apresentaram maior concentração foi o potássio, seguido pelo cálcio e magnésio. Em relação aos íons, a maior concentração encontrada foi do íon nitrato e o sulfato, e a menor concentração foram de nitrito e fosfato.

Em relação aos íons amônia, nitrito, nitrato, fosfato e sulfato, verificou-se que o íon com maior concentração nas amostras foi o nitrato e, em seguida, o sulfato. Enquanto que o íon com a menor concentração foi o nitrito, seguido pelo fosfato.

A concentração de CO<sub>2</sub> livre aumentou conforme o pH diminuiu, sendo encontrada a maior concentração média de CO<sub>2</sub> livre no ponto C, assim como a menor média para o pH.

## REFERÊNCIAS

ALBANEZ, João Ricardo; MATTOS, Antônio Teixeira de. Aqüicultura. In MACÊDO, Jorge Antônio Barros de (Org). **Águas e Águas**. Belo Horizonte – MG: CRG-MG, 2007. Cap. 12, p. 1097-1146.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13811**: Água – Determinação de potássio e sódio – método da espectrometria de absorção atômica por chama. Rio de Janeiro, abril, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13812**: Água – Determinação de cálcio e magnésio – método da espectrometria de absorção atômica por chama. Rio de Janeiro, abril, 1997.

CAÇADOR. **A força econômica da Capital Industrial do Meio Oeste Catarinense**. Editora Meta, Julho/2008.

COLOMBO, José Carlos. **Determinação da alcalinidade em águas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Curitiba – Departamento de química e Biologia. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/marcusliz/arquivos/Alcalinidade.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

COLOMBO, José Carlos. **Determinação da dureza em águas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Curitiba – Departamento de Química e Biologia. Disponível em: < <http://pessoal.utfpr.edu.br/colombo/arquivos/Dureza.pdf> >. Acesso em: 20 jun. 2013.

COLOMBO, José Carlos. **Determinação de sólidos em águas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Curitiba – Departamento de Química e Biologia. Disponível em: < <http://pessoal.utfpr.edu.br/marcusliz/arquivos/Solidos.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

CUNHA, Gilberto Rocca da; SANTI, Anderson; DALMAGO, Genei Antonio; PIRES, João Leonardo F.; PASINATO, Aldemir. Dinâmica do pH da água das chuvas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** – Brasília. Vol. 44, n.4, p. 339-346, Abril 2009.

EDUQUIM – UFPR. **Poluentes de efeito global: a chuva ácida**. Disponível em

---

<<http://www.eduquim.ufpr.br/matdid/quimsoc/pdf/experimento10.pdf>> Acesso em 12 out 2013.

FLUES, Marlene; HAMA, Patrícia e FORNARO, Adalgiza. Avaliação do nível de vulnerabilidade do solo devido à presença de termelétrica a carvão (Figueira, PR-Brasil). **Química Nova**. Vol. 26, n. 4, p. 479-483, 2003.

GALVÃO FILHO, João Baptista. **Poluição do ar**. ECP – Engenharia, Consultoria e Planejamento. Disponível em: <[WWW.consultoriaambiental.com.br](http://WWW.consultoriaambiental.com.br)>. Acesso em: 26 mar. 2013.

JESUS, Emanuel F. Reis de. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 14, p. 143-153, 1996.

LEAL, T. f. M.; FONTENELE, A. P.G.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. **Química Nova**. Vol. 27, n. 6, p. 855-96, 2004.

MARQUES, Rodrigo; ZAMPARONI, Cleusa A. G. P.; SILVA, Edinaldo de Castro e; MAGALHÃES, Aparecida de; GUEDES, Sumaya Ferreira; FORNARO, Adalgiza. Composição química de águas de chuva em áreas tropicais e continentais, Cuiabá – MT: Aplicação de Sistema Clima Urbano (S.C.U.). **Revista do Departamento de Geografia, UFMT**, 20 (2010) 63-75.

MARTINS, Renata Fátima. **Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo HYSPLIT**. 2008. 155f. Dissertação – Pós-graduação em Engenharia Ambiental. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MIRLEAN, Nicolai; VANS, Argeu e BAISCH, Paulo. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS. **Química Nova**. Vol. 23, n.5, p. 590-593, 2000.

ORSSATTO, Fábio; HERMES, Eliane. Quantidade de CO<sub>2</sub> livre presente na água de chuva. In: II Congresso Científico da Região Centro Ocidental do Paraná - CONCCEPAR, 2, 2007, Campo Mourão. **Resumo em anais de congressos**. Campo Mourão: Faculdade Integrado. Disponível em:

<[http://www.grupointegrado.br/portal/conccepar/?pg=desc\\_resumo&cod=299](http://www.grupointegrado.br/portal/conccepar/?pg=desc_resumo&cod=299)> Acesso em: 11 out. 2013

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Dados eletrônicos. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 219). Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2013.