

PROD. TEC. ITV DS - N013/2017
DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2017.13.Sahoo

PRODUÇÃO TÉCNICA ITV DS

**Nível de referência dos elementos associados à mineração de Fe, Ni e
Cu em lagoas do platô S11 na região de Carajás (águas superficiais)**

Relatório para o Projeto Paleoclima

Prafulla Kumar Sahoo

José Tasso Felix Guimarães

Pedro Walfir M. e Souza Filho

Marcio Sousa da Silva

Belém/PA

Dezembro/2017

Título: Nível de referência dos elementos associados à mineração de Fe, Ni e Cu em lagoas do platô S11 na região de Carajás (águas superficiais).	
DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2017.13.Sahoo	Revisão 01
Classificação: () Confidencial () Restrita () Uso Interno (x) Pública	

Informações Confidenciais - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

Informações Restritas - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

Informações de Uso Interno - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço

Informações Públicas - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S131	Sahoo, Prafulla Kumar Nível de referência dos elementos associados à mineração de Fe, Ni e Cu em lagoas do platô S11 na região de Carajás (águas superficiais). / Prafulla Kumar Sahoo, José Tasso Félix Guimarães, Pedro Walfir M. e Souza Filho, Marcio Sousa da Silva. – Belém, 2019. 26 p.: il. 1. Geoquímica - Elemento traço. 2. Hidrologia - Lagoas - Carajás, Serra dos (PA). 3. Climatologia - Chuva - Carajás, Serra dos (PA). I. Guimarães, José Tasso Felix. II. Souza Filho, Pedro Walfir M. e. III. Silva, Márcio Sousa da. IV. Título. CDD. 23. ed. 551.9098115
------	---

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves – CRB 2 – 525

RESUMO

Este estudo estimou as concentrações geoquímicas de referência (CGFs) dos elementos traços nas águas das lagoas ativas do S11, Serra Sul dos Carajás, que são consideradas como corpos hídricos naturais (sem interferência antropogênica). Um total de 164 amostras de água foram coletados nas duas estações climáticas anuais (seca e chuvosa) entre 2013 e 2016, e quimicamente analisadas nos laboratórios da Bioagri Ambiental Ltda. As análises estatísticas dos dados incluem testes de anomalias, distribuição e estimativa das CGFs (95% LSS-limite superior simultâneo, 95% LSP-limite superior de previsão e 95% LST-limite superior de tolerância). O método não paramétrico foi considerado para os cálculos das CGFs, uma vez que a maioria dos elementos traços não seguem qualquer padrão de distribuição. As, Pb, Cd, Cu_t, Cu_d, Cr, Ni, Hg, Pb, Se, U e V apresentaram concentrações abaixo do limite analítico de detecção, logo estes limites representam suas respectivas CGFs. Fe_d e Zn excederam os limites da resolução CONAMA 357/2005, mas eles são controlados por processos naturais. As CGFs destes dois elementos variam entre as estações climáticas, com altas CGFs durante o período chuvoso devido a elevado escoamento superficial e lixiviação.

Palavras-chave: hidroquímica, lagos, limnologia, Carajás

RESUMO EXECUTIVO

Este estudo estimou as concentrações geoquímicas de referência (CGFs) dos metais nas águas das lagoas do Violão, Amendoim e 3 Irmãs baseadas em um profundo teste estatístico. As CGFs variam entre as estações climáticas, como altas concentrações de Al e Zn no período chuvoso e Fe no período seco, que podem estar relacionadas com processos naturais das bacias de drenagens.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo dentro do contexto da Flona-Carajás	08
Tabela 1 - Descrição dos pontos de coleta de águas das lagoas estudadas. Ver Figura 1 para visualização dos pontos amostrais	09
Figura 2 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Zn e Si, bem como valores anômalos no período chuvoso	10
Figura 3 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Mg, e Fe _d , bem como valores anômalos no período chuvoso	11
Figura 4 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Fe _t e Ca, bem como valores anômalos no período chuvoso	11
Figura 5 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Ba e Al _t , bem como valores anômalos no período chuvoso	12
Figura 6 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Al _d , bem como valores anômalos no período chuvoso	12
Figura 7 - <i>Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Zn e Si, bem como valores anômalos no período chuvoso</i>	13
Figura 8 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Mge Fe _d , bem como valores anômalos no período chuvoso	13
Figura 9 - <i>Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Fe_t e Ca, bem como valores anômalos no período seco</i>	14
Figura 10 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Ba e Al _t , bem como valores anômalos no período seco	14
Figura 11 - <i>Box-plot</i> juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Al _d , bem como valores anômalos no período seco	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	08
2 OBJETIVO	08
3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	08
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5 CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
APÊNDICES	

1 INTRODUÇÃO

As águas superficiais podem ser seriamente impactadas pela urbanização, atividades industriais e agricultura que podem elevar as concentrações de metais tóxicos e afetar ecossistemas naturais e a população humana. Entretanto, fontes naturais também podem influenciar localmente a qualidade das águas, e estão relacionadas com a litologia, precipitação, intemperismo e erosão (SIMEONOV *et al.*, 2003; SHRESTHA & KAZAMA, 2007). Assim, a determinação das concentrações geoquímicas de referência (CGFs) de elementos traços contidos em águas superficiais é mandatório para melhor avaliação dos fatores relacionados com seus estados naturais e determinações de fontes de contaminações. As CGFs são níveis naturais dos elementos no ambiente sem influência de atividades antrópicas (XIA *et al.*, 1987), e seu entendimento é importante para avaliações de impactos ambientais (REIMANN & CATRIAT, 2017). Para isto, a análise das CGFs depende de uma análise estatística robusta. Recentemente, o software ProUCL (UCL-upper confidence limits, LCS limites de confiança superior) tem sido extensamente utilizado para cálculos das CGFs em água e solos (DEQM, 2013; AECPM, 2012; ODEQ, 2013; VOSNAKIS *et al.*, 2010; CHRISTOFARO & LEO, 2009; RAAD, 2017; PWD, 2013; DEQ, 2014), uma vez que permite um tratamento de não-detectáveis através da extrapolação de valores usando os métodos da regressão ou Kaplan-Meier.

2 OBJETIVO

Determinar as concentrações geoquímicas de referências em águas superficiais das lagoas do Violão, Amendoim e Três Irmãs, S11, Serra Sul dos Carajás, baseados no ProUCL.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

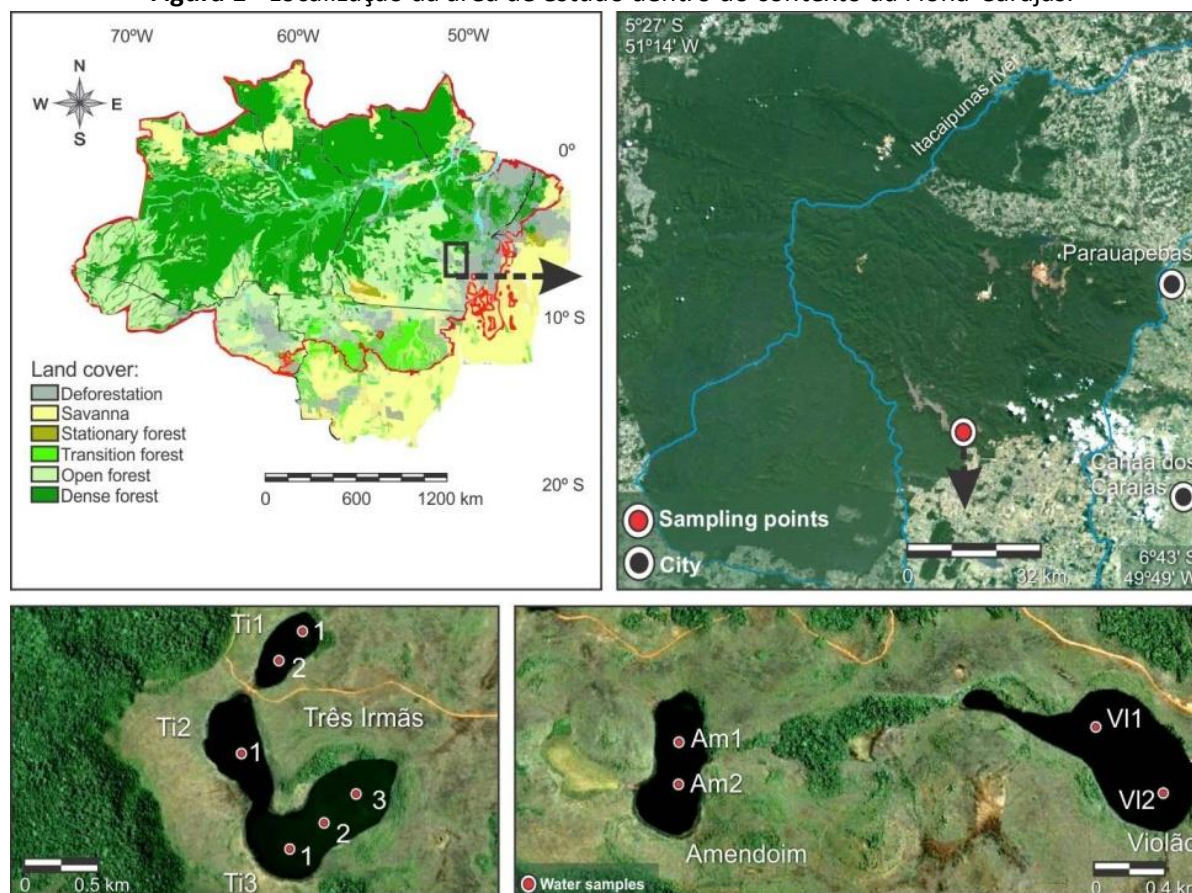
3.1 ÁREA DE ESTUDO

As lagoas do Violão (VI), Amendoim (Am) e Três Irmãs (TI1, TI2 e TI3) estão localizadas na Serra Sul da Floresta Nacional de Carajás, sudeste da Amazônia, que corresponde a um platô laterítico estreito com direção NW-SE (Figura 1). Este platô apresenta altitudes de aproximadamente 730 m, elevando-se sobre uma paisagem dominada por florestas ombrófilas. Estas lagoas são isoladas da influência fluvial, e são situadas em um sistema de bacias de contribuição restritas ou fechadas formadas por processos estruturais e intempéricos dos perfis da canga (MAURITY & KOTSCHOUBEY, 1995). Conexão superficial é somente observada no sistema Três Irmãs (SAHOO *et al.*, 2017).

O clima regional é de monções tropicais, com uma média anual da temperatura de aproximadamente 26°C (ALVARES *et al.*, 2013). A precipitação total anual varia de 1.800 a 2.300 mm, com um total de ~ 1.550mm durante a estação chuvosa (novembro a maio) e ~ 350 mm durante a estação seca (junho a outubro) (MORAES *et al.*, 2005). Particularmente para Serra Sul de Carajás, a média anual da temperatura é ~ 25.5°C, e os valores médios

mínimos e máximos são de 20°C e 31°C, respectivamente (SAHOO *et al.*, 2016). A precipitação total anual é ~ 2.050 mm, com ~1.860 mm durante a estação chuvosa (outubro a maio) e ~190 mm durante a estação seca (junho a setembro).

Figura 1 - Localização da área de estudo dentro do contexto da Flona-Carajás.



Fonte: próprio autor (2019).

3.3. AMOSTRAGEM E MÉTODOS ANALÍTICOS

Amostras de água foram coletadas sazonalmente (períodos seco e chuvoso) ao longo dos anos de 2013 a 2016 nas lagoas estudadas. De dois a três pontos de amostragem foram escolhidos para cada lagoa seguindo perfis longitudinais (Figura 1; Tabela 1), com base nos mapas batimétricos das lagoas. Nos pontos selecionados, foram determinados in-situ com uma sonda multiparâmetro Horiba W-20XD, parâmetros físico-químicos, tais como temperatura, pH, oxigênio dissolvido (DO), turbidez e condutividade. A transparência da água foi obtida com um disco de Secchi. Amostras de água da superfície, meio e fundo, com base na lâmina d'água (Tabela 1), foram coletadas com uma garrafa Van Dorn e armazenadas segundo critérios definidos em ABNT (1987) e SMEWW (2005). Os parâmetros inorgânicos foram analisados pela SGS Geosol e Bioagri seguindo os procedimentos da SMEWW (2005).

Tabela 1 - Descrição dos pontos de coleta de águas das lagoas estudadas. Ver Figura 1 para visualização dos pontos amostrais.

Lagoas	Pontos amostrais	Coordenadas (UTM) 22M		Profundidade da lâmina d'água (m)	
		Latitude (m S)	Longitude (m W)	Chuvoso	Seco
Violão	VL1	9292460	571649	9	7
	VL2	9292734	571391	9	7
Amendoim	Am1	9292726	569494	5	3
	Am2	9292444	569474	8	6
Três Irmãs	LTi1-1	9298400	561184	3,5	2
	LTi1-2	9298260	561074	3	2
	LTi2-1	9297791	560824	1	0,5
	LTi3-1	9297641	561542	12	10
	LTi3-2	9297473	561348	13	11
	LTi3-3	9297320	561163	9	7

Fonte: próprio autor (2019).

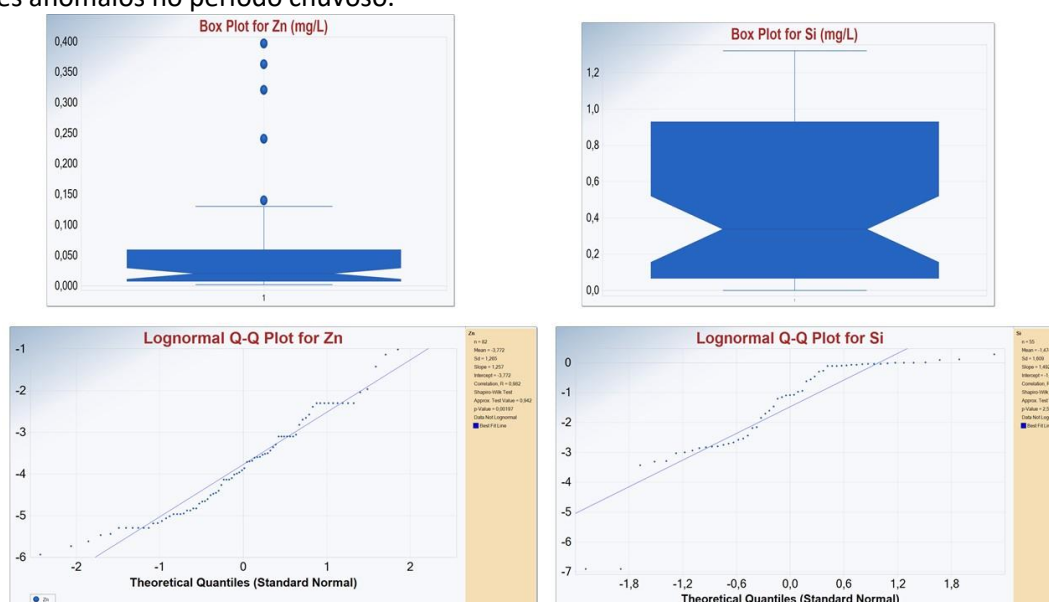
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados e interpretações sobre a variação da qualidade das águas nas lagoas em estudo podem ser observados Sahoo et al. (2017) 1. O sumário dos dados estatísticos inclui as observações totais, número e percentagem de não-detectáveis, concentrações mínimas e máximas, média, desvio padrão e percentis 90 e 95, que podem ser observados no Apêndice 2. Conforme este último apêndice, as concentrações de As, Hg, Pb, Se, U e V (grupo 1) e Pb, Co, Cd, Cu, and Cr (grupo 2) foram 100% e 90% não-detectáveis, respectivamente, na maioria das amostras, em ambos os períodos climáticos. Por outro lado, percentagens maiores foram observadas para Al_d (d: dissolvido; 28% ND), Al_t (t: total; 10% ND), Ba (37% ND), Fe_d (9% ND), Mg (8% ND) e Zn (7% ND) no período chuvoso, e Al_d (15% ND), Al_t (3% ND), Ba (28% ND), Fe_d (13% ND), Mg (5% ND) e Zn (23% ND) no período seco. Parâmetros > 70% ND não foram considerados para os cálculos da CGFs.

Anomalias potenciais de cada elemento foram eliminadas com base nos box-plots, e também no log-normal da distribuição dos dados no diagrama Q-Q, apresentado nas Figuras 2-6 e 7-11. Estes resultados indicam que os elementos analisados não seguem distribuição

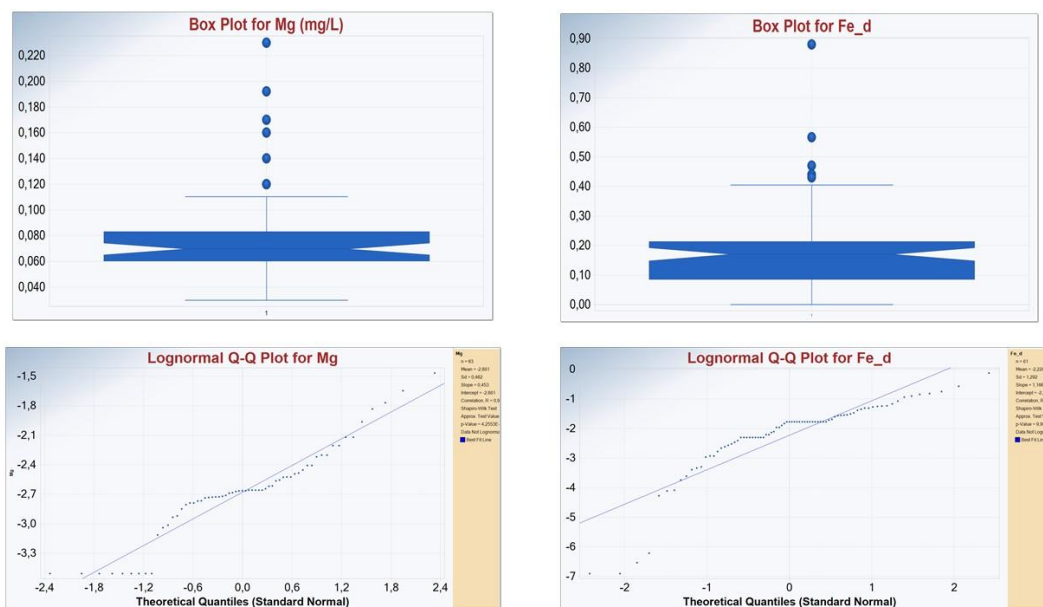
normal e gama, bem como log-normal. Neste caso somente o uso do método não paramétrico poderia ser válido para avaliação destes dados (Apêndice 1). Para isto, o ProUCL foi utilizado para estimar as CGFs de 9 elementos nos períodos secos e chuvoso, incluindo 95% LSS-limite simultâneo superior, 95% LPS-limite de previsão superior e 95% LTS-limite de tolerância superior. Assim, o método não-paramétrico apresentou, em geral, valores similares para a distribuição normal e gama (Apêndice 2). Entretanto, a distribuição log-normal foi superior, e, conseqüentemente, não é representativo das CGFs. Estas CGFs apresentaram algumas variações entre os períodos secos e chuvoso, com as maiores CGFs de Al_d, Al_t, and Zn observadas no período chuvoso, enquanto que o Fe foi maior no período seco. Entretanto, este enriquecimento pode ser fortemente influenciado por processos geogênicos com o intemperismo das bacias de drenagens das lagoas (SAHOO *et al.*, 2017).

Figura 2 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Zn e Si, bem como valores anômalos no período chuvoso.



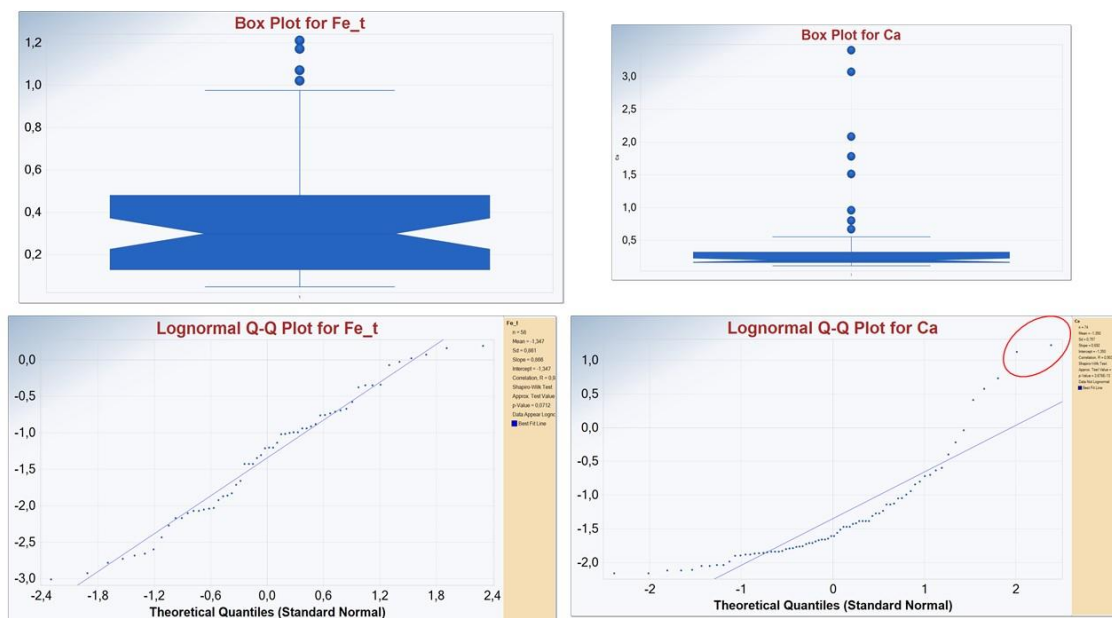
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 3 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Mg, e Fe_d, bem como valores anômalos no período chuvoso.



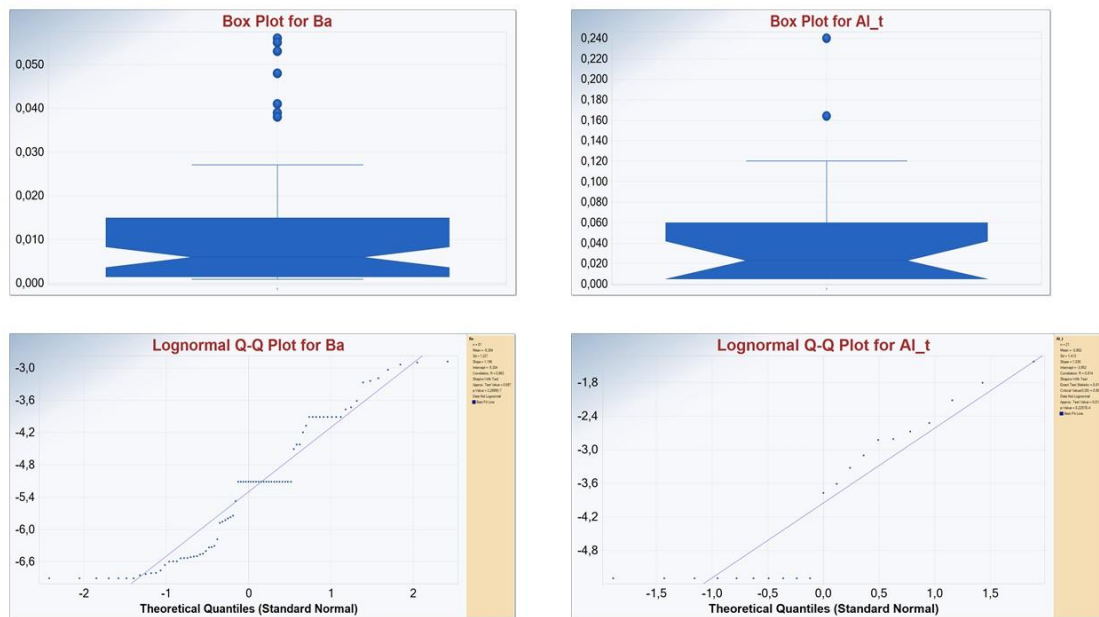
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 4 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Fe_t e Ca, bem como valores anômalos no período chuvoso.



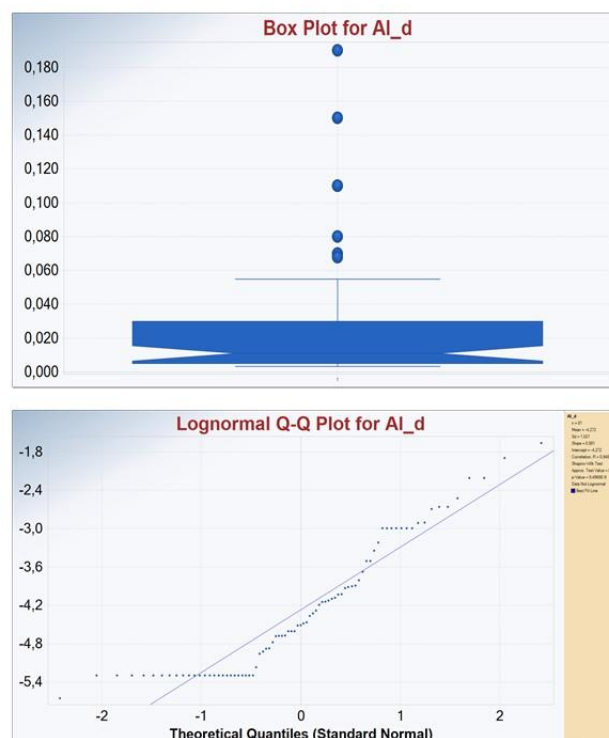
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 5 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Ba e Al_t, bem como valores anômalos no período chuvoso.



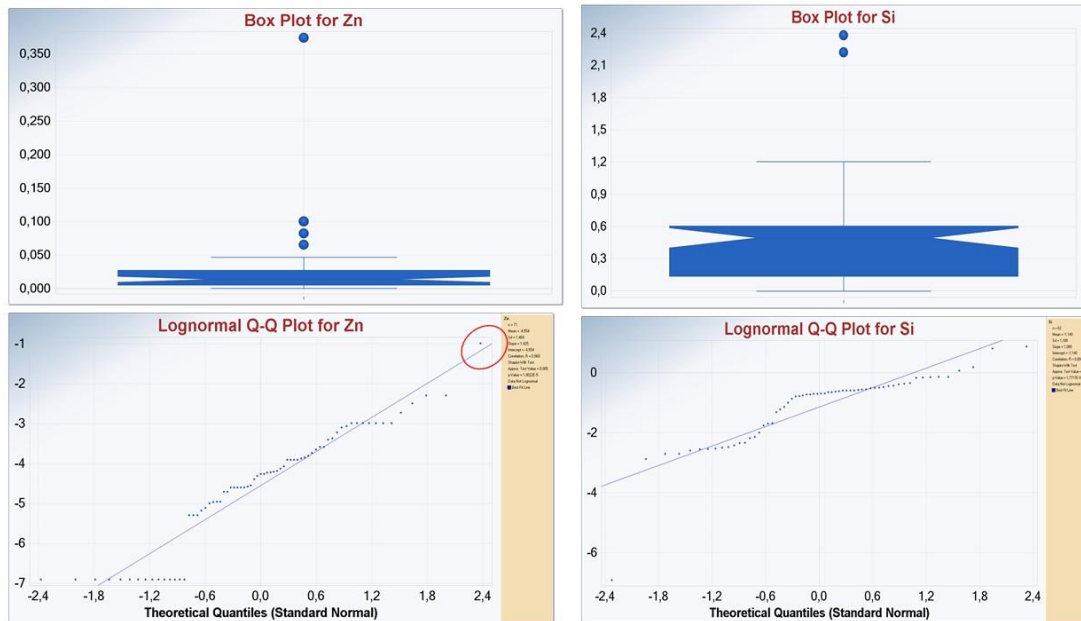
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 6 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Al_d, bem como valores anômalos no período chuvoso.



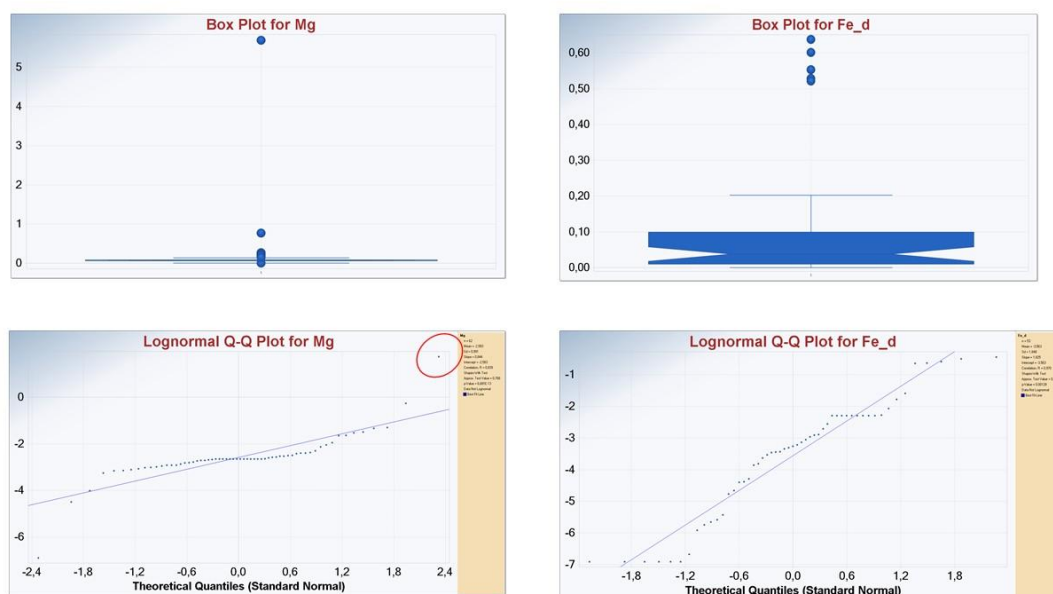
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 7 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Zn e Si, bem como valores anômalos no período chuvoso.



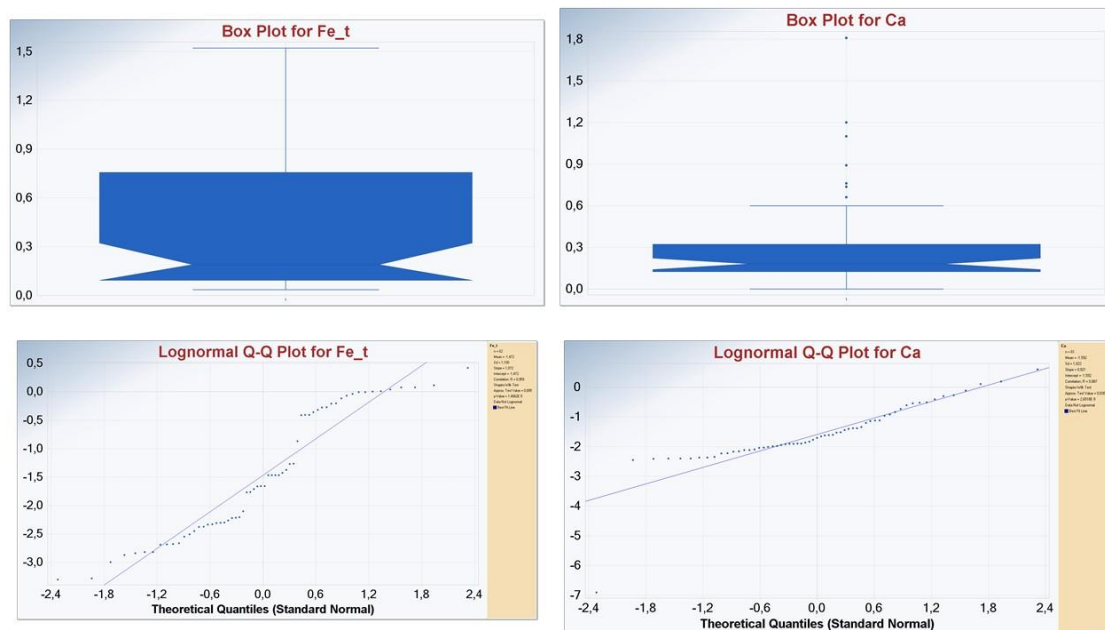
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 8 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Mge Fe_d, bem como valores anômalos no período chuvoso.



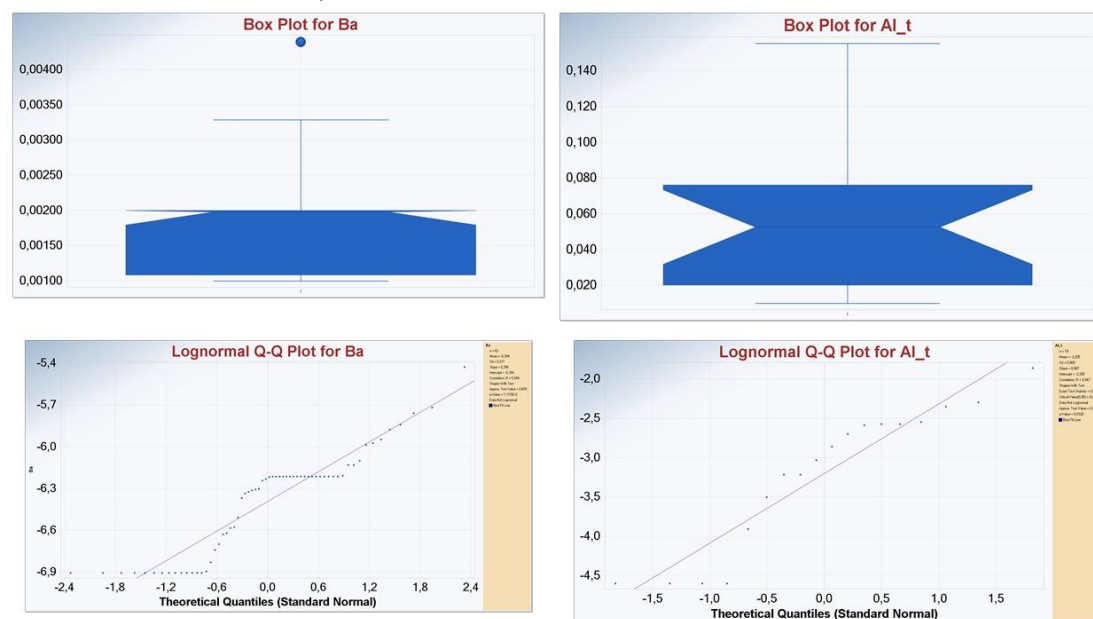
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 9 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Fe_t e Ca, bem como valores anômalos no período seco.



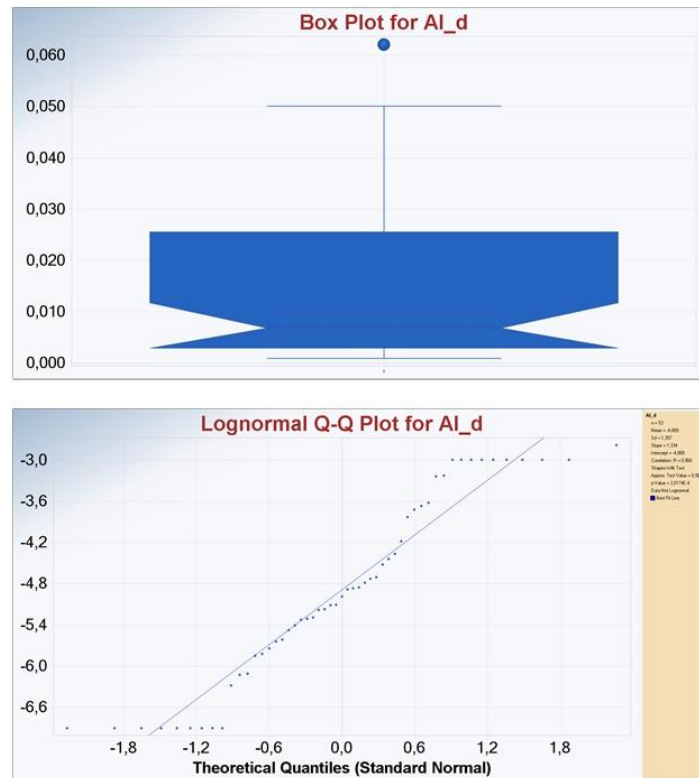
Fonte: próprio autor (2019).

Figura 10 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Ba e Al_t, bem como valores anômalos no período seco.



Fonte: próprio autor (2019).

Figura 11 - Box-plot juntamente com o diagrama Q-Q mostrando a distribuição de Al_d, bem como valores anômalos no período seco.



Fonte: próprio autor (2019).

5 CONCLUSÕES

Este estudo estimou as CGFs dos metais nas águas das lagoas baseado em 95% LSS, 95% LPS e 95% LTS através do ProUCL. As CGFs variam entre as estações climáticas, como altas concentrações de Al e Zn no período chuvoso e Fe no período seco, que podem estar relacionadas com processos naturais das bacias de drenagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898:1987 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 1987.

ALVARES, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

KOTSCHOUBEY, B.; MAURITY, C. W. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 – Serra dos Carajás-PA. Degradação, pseudocarstificação, espeleotemas. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, v. 7, p. 331-362, 1995.

AECOM. Hawaiian Islands Soil Metal Background Evaluation Report. Honolulu: AECOM, 2012. (Preparado para Hawai'i Department of Health; Hazard Evaluation and Emergency Response).

HYDROMETRICS. **Project Report: Background concentrations of inorganic constituents in Montana surface soils**. Helena, MT: DEQM, 2013. (Preparado para Montana Department of Environmental Quality).

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY (DEQ). **Development of Oregon background metals concentrations in soil**: Technical Report. Portland, OR: DEQ, 2013.

MAURITY C. W.; KOTSCHOUBEY B. Evolução recente da cobertura de alteração no platô N1- Serra dos Carajás-PA: degradação, pseudocarstificação, espeleotemas. **Boletim do Museu Paraense Emilio**, v. 7, p. 331–362, 1995.

RAAD M. Determination of statistically significant increase over background concentration levels. 2017. In: World of coal Ash (WOCA), Lexington, KY. May 9-11, 2017.

REIMANN C.; CARITAT P. Establishing geochemical background variation and threshold values for 59 elements in Australian surface soil. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 633-648, 2017.

REIMANN, C.; GARRETT, R. G. Geochemical background – concept and reality. **Science of the Total Environment**, v. 350, p. 12-27, 2005.

RENCZ, A. N. *et al.* Using soil geochemical data to estimate the range of range of background element concentrations for ecological and human-health risk assessments. **Geological Survey of Canada**, n. 2011-9, 22 p., 2011.

SAHOO, P. K. Limnological characteristics and planktonic diversity of five tropical upland lakes from Brazilian Amazon. **Ann. Limnol.**, v. 53, p. 467–483, 2017.

SALMINEN, R.; GREGORAUSKIENE, G. Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas different in basic geology. **Applied Geochemistry**, v. 15, p. 647-653, 2000.

SHRESTHA S.; KAZAMA F. Assessment of surface water quality using a multivariate statistical technique: a case study of the Fuji river basin, Japan. **Environ. Model Software**, v. 22, p. 464–475, 2007.

Simeonov, V. *et al.* Assessment of the surface water quality in northern Greece. **Water Research**, v. 37, p. 4119-4124, 2003.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND SEWAGE (SMEWW). **1060 - Collection and preservation of samples**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005.

SINGH, A.; SINGH, A. K. **ProUCL Version 4.00.04 Technical Guide (Draft)**. Publication EPA/600/R-07/041. February, 2009. Disponível em: <http://www.epa.gov/osp/hstl/tsc/softwaredocs.htm>

SINGH, A.; SINGH, A. K. **ProUCL Version 5.0.00 Technical Guide**. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations. EPA/600/R-07/041. 2013. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/proucl_v5.0_tech.pdf

STATE OF IDAHO. DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. **Statistical Guidance for determining background ground water quality and degradation**. Idaho: DEQ, 2014. Disponível em <https://www.deq.idaho.gov/media/1226/guidance-statistical-degradation.pdf>

VOSNAKIS, K. A. S. *et al.* Background Versus Risk-Based Screening Levels - An Examination Of Arsenic Background Soil Concentrations In Seven States. **In:** Annual International Conference on soils, sediments, water and energy, 26., Amherst, MASS, 2010. **Proceedings...** Amherst, MASS, EUA: AEHS, 2011.

XIA, Z. L. *et al.* **Soil background of chemical elements and its research methods (in Chinese)**. Beijing: China Meteorological Press, 1987.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Estatística descritiva e a observação total e % dos valores não-detectáveis dos metais nas águas das lagoas do S11 (unidade = mg/L; DP: desvio padrão; ASS: assimetria; T. Obs: número total de observações; T.ND: número total de valores não detectáveis; Min: mínimo; max: máximo).

Período chuvoso														
Variável	CONAMA*	DL	T. Obs	T. ND	% of ND	Min	Max	Média	DP	ASS	CV	90%	95%	99%
Al_d	0,1	0,01; 0,05; 0,005	81	28	34,57	0,0035	0,19	0,025	0,0333	2,774	1,331	0,0547	0,08	0,158
Al_t		0,01; 0,05; 0,005	21	10	47,62	0,005	0,24	0,0463	0,062	1,999	1,338	0,12	0,164	0,225
Ba	0,7	0,02; 0,001; 0,006	81	37	45,68	0,001	0,056	0,0103	0,0135	2,003	1,3	0,024	0,041	0,0552
Ca		0,001	74	0	0,00	0,115	3,4	0,397	0,589	3,767	1,484	0,634	1,605	3,159
Fe_t		0,01	58	0	0,00	0,0492	1,21	0,365	0,3	1,301	0,823	0,775	1,028	1,187
Fe_d	0,3	0,01	81	9	11,11	0,001	0,88	0,171	0,141	2,12	0,824	0,31	0,43	0,629
Mg		0,03	63	8	12,70	0,03	0,23	0,0762	0,0383	1,822	0,502	0,118	0,158	0,206

Si		0,001	55	2	3,64	0,001	1,32	0,477	0,413	0,335	0,86 7	0,998	1,034	1,207
Zn	0,18	0,005; 0,01	82		0,00	0,0026 5	0,397	0,0526	0,0835	2,962	1,58 5	0,1	0,236	0,397
As	0,01	0,01; 0,001	82	82	100,00									
Pb	0,01	0,001; 0,01	82	80	97,56									
Co	0,05	0,001; 0 0,01	82	81	98,78									
Cd	0,001	0,001	82	80	97,56									
Cu_t		0,001; 0,009	82	78	95,12									
Cu_d		0,001; 0,009	82	80	97,56									
Cr	0,05	0,001; 0,01	82	80	97,56									
Ni	0,025	0,001; 0,01	82	75	91,46									
Hg	0,002	0,0001; 0,0002	82	82	100,00									
Se	0,01	0,001; 0,01	82	82	100,00									
U	0,02	0,001	82	82	100,00									
V	0,1	0,001; 0,01	82	80	97,56									

Período seco														
Variável	CONAMA*	DL	T. Obs	T. ND	% of ND	Min	Max	Média	DP	ASS	CV	90%	95%	99%
Al_d	0,1	0,01; 0,05; 0,005	53	15	28,30	0,001	0,0621	0,0165	0,0191	1,118	1,15 6	0,05	0,05	0,0558
Al_t		0,01	18	3	16,67	0,01	0,155	0,0554	0,0391	0,812	0,70 6	0,0965	0,108	0,146
Ba	0,7	0,02; 0,001; 0,006	62	28	45,16	0,001	0,0043 9	0,00179	6,73E- 04	1,07	0,37 7	0,0025 4	0,002 9	0,0037 1
Ca		0,001	61	2	3,28	0,001	1,81	0,305	0,318	2,623	1,04 3	0,66	0,89	1,444
Fe_t		0,01	62	0	0,00	0,0367	1,52	0,399	0,395	0,932	0,98 9	0,999	1,078	1,276
Fe_d	0,3	0,01	53	13	24,53	0,001	0,637	0,0973	0,161	2,507	1,65	0,195	0,538	0,618
Mg		0,03	62	5	8,06	0,001	5,69	0,184	0,718	7,645	3,89 4	0,194	0,26	2,685
Si		0,001	62	2	3,23	0,001	2,38	0,496	0,433	2,368	0,87 3	0,856	1,06	2,282

Zn	0,18	0,005; 0,01	71	23	32,39	0,001	0,374	0,0243	0,0461	6,445	1,89 9	0,05	0,05	0,17
As	0,01	0,01; 0,001	82	82	100,00									
Pb	0,01	0,001; 0,01	82	79	96,34									
Co	0,05	0,001; 0 0,01	82	82	100,00									
Cd	0,001	0,001	82	82	100,00									
Cu_t		0,001; 0,009	82	80	97,56									
Cu_d		0,001; 0,009	82	80	97,56									
Cr	0,05	0,001; 0,01	82	82	100,00									
Ni	0,025	0,001; 0,01	82	82	100,00									
Hg	0,002	0,0001; 0,0002	82	82	100,00									
Se	0,01	0,001; 0,01	82	82	100,00									
U	0,02	0,001	82	82	100,00									
V	0,1	0,001; 0,01	82	76	92,68									

Apêndice 2 - Cálculo das CGFs (mg/L) dos metais nas águas das lagoas do S11 através de métodos paramétricos e não-paramétricos no ProUCL. Fontes em azul indicam valores aceitáveis baseado no método não-paramétrico (95% LSS-limite simultâneo superior, 95% LPS-limite de previsão superior e 95% LTS-limite de tolerância superior; t: concentração total; d: concentração dissolvida).

Chuvoso	Al_d			Al_t			Fe_t			Fe_d			Ba		
Métodos	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS
Normal	0,129	0,08	0,09	0,206	0,156	0,193	1,26	0,87	0,97	0,61	0,4	0,44	0,052	0,032	0,036
Gama(WH)	0,176	0,073	0,088	0,303	0,263	0,17	1,86	1,13	0,94	1	0,56	0,47	0,082	0,032	0,04
Gama(HW)	0,195	0,073	0,09	0,345	0,294	0,178	2	1,19	0,97	1,29	0,62	0,51	0,096	0,033	0,04
Log-normal	0,344	0,077	0,103	0,737	0,233	0,548	3,4	1,11	1,48	6,1	0,93	1,35	0,233	0,038	0,054
Não-paramétrico	0,19	0,107	0,11	0,24	0,232	0,24	1,2	1,01	1,17	0,88	0,43	0,47	0,056	0,047	0,053
	Ca			Mg			Si			Zn					
Métodos	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS			
Normal	1,4	0,9	1	0,19	0,14	0,15	1,7	1,17	1,3	0,31	0,19	0,21			
Gama(WH)	1,46	0,75	0,87	0,22	0,16	0,14	3,56	1,9	1,56	0,44	0,2	0,16			
Gama(HW)	1,5	0,73	0,86	0,23	0,16	0,14	4,5	2,2	1,72	0,5	0,21	0,16			
Log-normal	1,72	0,7	0,85	0,28	0,14	0,17	28,2	3,4	6	1,22	0,19	0,27			

Não-paramétrico	2	1,15	1,78	0,23	0,16	0,19	1,32	1,09	1,11	0,39	0,3	0,36
-----------------	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------

SECO	Al_d			Al_t			Fe_t			Fe_d			Ba		
Métodos	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS
Normal	0,07	0,04	0,041	0,153	0,125	0,15	1,59	1,06	1,19	0,57	0,36	0,42	0,003	0,002	0,002
Gama(WH)	0,128	0,07	0,054	0,22	0,21	0,15	2,68	1,48	1,19	0,89	0,46	0,37	0,004	0,003	0,002
Gama(HW)	0,152	0,07	0,057	0,24	0,23	0,16	3,06	1,57	1,23	1,11	0,51	0,36	0,004	0,003	0,002
Log-normal	0,42	0,07	0,12	0,38	0,2	0,36	6,49	1,46	2	6,9	0,6	1,2	0,005	0,003	0,003
Não-paramétrico	0,06	0,05	0,05	0,155	0,155	0,155	1,52	1,08	1,12	0,63	0,56	0,6	0,004	0,004	0,003

	Ca			Mg			Si			Zn		
Métodos	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS	95% LTS	95% LPS	95% LTS
Normal	1,27	0,84	0,94	0,4	0,26	0,3	1,8	1,22	1,36	0,07	0,05	0,05
Gama(WH)	1,66	0,98	0,81	0,42	0,26	0,22	2,8	1,6	1,37	0,14	0,07	0,06
Gama(HW)	1,86	1	0,83	0,46	0,27	0,22	3,39	1,8	1,46	0,18	0,08	0,06
Log-normal	4,5	1,13	1,59	0,86	0,28	0,37	11,84	2,36	3,4	0,69	0,09	0,15

Não-paramétrico	1,8	1,07	1,2	0,76	0,25	0,27	2,38	1,18	2,2	0,08	0,05	0,06
-----------------	-----	------	-----	------	------	------	------	------	-----	------	------	------

