

DISTRIBUIÇÃO DE CLORETOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUAÇU, BAHIA, BRASIL

Mário Jorge de Souza GONÇALVES

Geólogo, Dr. Geologia. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia – INEMA; Laboratório de Estudos da Dinâmica e Gestão do Ambiente Tropical, Universidade Estadual de Feira de Santana – Geotropicos/UEFS. mariojsg.taboca@hotmail.com

RESUMO – A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no Estado da Bahia possui 63,7% de sua área situada em clima semiárido, o que confere uma taxa elevada de evaporação e uma concentração de sais. O cloreto foi a categoria de sais escolhidos para este trabalho uma vez que a região semiárida da bacia é muito similar a região nordeste do Brasil, onde é também comum a presença rios temporários e de rios com altas concentrações de cloretos em suas águas. Desta maneira os estudos realizados nesta bacia com esses sais podem servir de base comparativa a outras bacias localizadas no nordeste brasileiro. A distribuição de cloretos na bacia do rio Paraguaçu possui um controle lito-pedo-climático.

Palavras-chave: Cloretos; Rio Paraguaçu; Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT. *Distribution of chlorides in the catchment basin of the Paraguaçu River, Bahia State, Brazil.* The Paraguaçu River basin in the state of Bahia has 63.7% of its area located in the semi-arid climate which confers a high rate of evaporation and a concentration of salts. The chloride was the category of salts chosen for this work since the semiarid region of the basin is very similar to the northeast region of Brazil where it is also common to the presence of rivers and temporary rivers with high concentrations of chlorides in their waters. In this way the studies performed in this basin with these salts may serve as a basis for comparison to other basins located in the northeast of Brazil. The distribution of chlorides in the Paraguaçu River Basin has a control Lito-pedogenesis-climatic.

Keywords: Chloride; Paraguaçu River; Management of Water Resources.

INTRODUÇÃO

As alterações na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu estão diretamente relacionadas às precipitações pluviométricas nestas regiões e ao substrato rochoso, a maneira como estas águas chegam até as drenagens devem ser avaliadas para que se possa tirar um maior proveito das águas superficiais existentes nestas regiões tão carentes de recursos hídricos. A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, localizada em região semiárida foi escolhida para se avaliar a dispersão de cloretos existente em suas águas. A localização da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu pode ser observada na figura 1.

A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu está localizada entre as coordenadas -11° 11' a -13° 42' de latitude sul e -38° 48' a -42° 07' de longitude oeste, situada na região centro-leste do Estado da Bahia. O canal principal do rio Paraguaçu se orienta de sul a norte, a partir de sua nascente em Barra da Estiva, até o município de Andaraí e segue no sentido oeste – leste, até a sua foz na Baía de Iguape. Apresenta um regime perene, em toda sua extensão e totaliza uma superfície de 54.877 km².

Este trabalho procura demonstrar a importância do monitoramento fluviométrico na gestão dos

recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, visando compreender a distribuição dos cloretos em diferentes anos e em períodos diferentes nestes anos, para analisar sua sensibilidade às alterações climáticas sazonais e desta maneira compreender como se dá a dispersão dos cloretos na bacia, com o objetivo de mapear áreas que possuam concentrações abaixo e acima do recomendado pelos valores orientativos da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), alterada pela Resolução nº 410/2009 e pela nº 430/2011 (valor orientativo <250 mgL⁻¹.Cl).

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água foram coletadas pelo Centro de Recursos Ambientais da Bahia (CRA) e sua análise de cloretos foi realizada pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED).

Na elaboração dos mapas de isopletras de cloretos, na bacia do rio Paraguaçu, utilizamos o método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) do programa ARC GIS 9 da ESRI. As áreas em verde, da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, se encontram dentro do limite orientativo da Resolução Conama 357/2005, para cloretos, e as áreas em vermelho acima deste

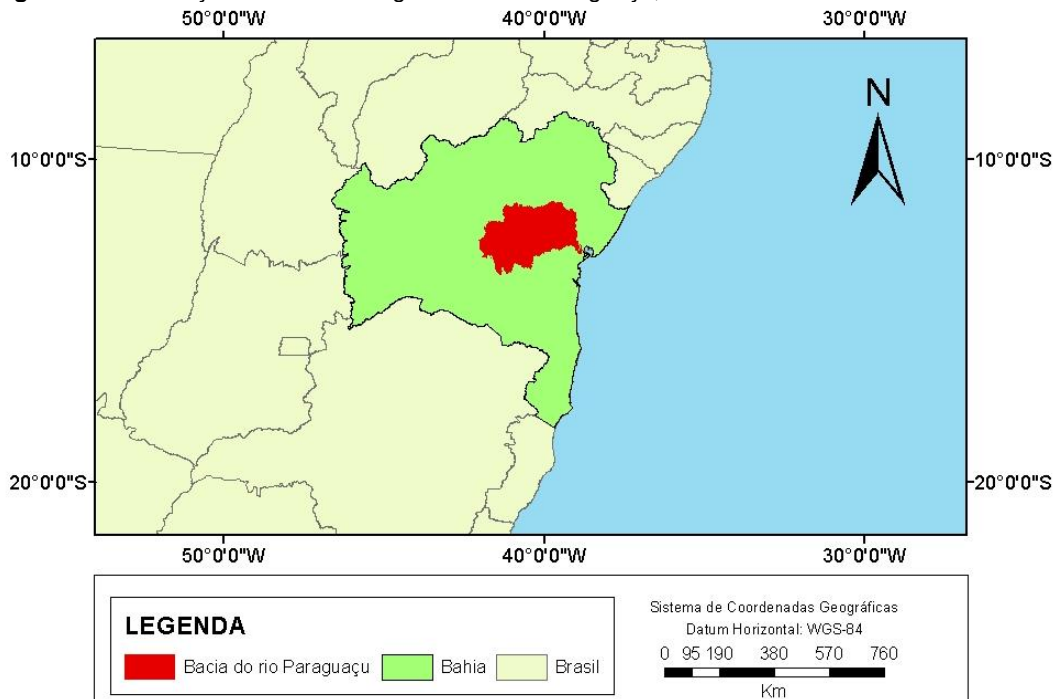
limite orientativo. Os mapas foram gerados com coordenadas Geográficas e *Datum* WGS 84.

Os dados utilizados estão expostos na tabela 1 (p. 27), resultado síntese das análises das análises realizadas nos anos de 2003 a 2005, para cloretos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu. Os resultados com (-) não foram amostrados, os resultados em preto estão dentro do valor de referência da Resolução CONAMA 357/2005 e os

valores em vermelho estão acima do valor de referência da Resolução.

As estações monitoradas nos anos de 2000 e 2001 não foram utilizadas para geração de mapas, pois só contemplaram a região do terço inferior da bacia hidrográfica. O produto final do trabalho consistiu na regionalização, representação geoestatística, das concentrações de cloretos na bacia.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, no Estado da Bahia



Fonte: GONÇAVES, 2014.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas de Isopletas de Cloretos indicam que a maior concentração deste composto acontecem a partir da região de Itaetê, Nova Redenção e Ibiquera em direção à jusante destas cidades, na calha principal do rio Paraguaçu e na calha do rio Jacuípe nas imediações das cidades de Maíri e Piritiba.

A região norte/nordeste da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu é marcada pelas menores precipitações (região com clima semiárido) e pela presença de grandes afloramentos de rochas do embasamento arqueano. Na região nordeste é também comum a presença de rios temporários e de rios com altas concentrações de cloretos em suas águas.

Na tabela 2 podem ser observadas as concentrações máximas anuais de cloretos na bacia do rio Paraguaçu, a discriminação do corpo hídrico e o município no qual a determinação foi realizada.

Os mapas representados na figura 2, de concentração de cloretos (menor ou maior que o valor limite), permite avaliar a evolução das concentrações de cloretos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu.

Tabela 2 - Valores anuais máximos de cloretos na bacia do rio Paraguaçu

Valor (mgL ⁻¹ Cl)	Rio	Município	Ano
1.136	Jacuípe	Riachão do Jacuípe	2000
1.538,5	Jacuípe	Feira de Santana	2001
5.230	Paratigi	Rafael Jambeiro	2003
3.665	Sacraiu	Pé de Serra	2004
2.290	Peixe	Ipirá	2005

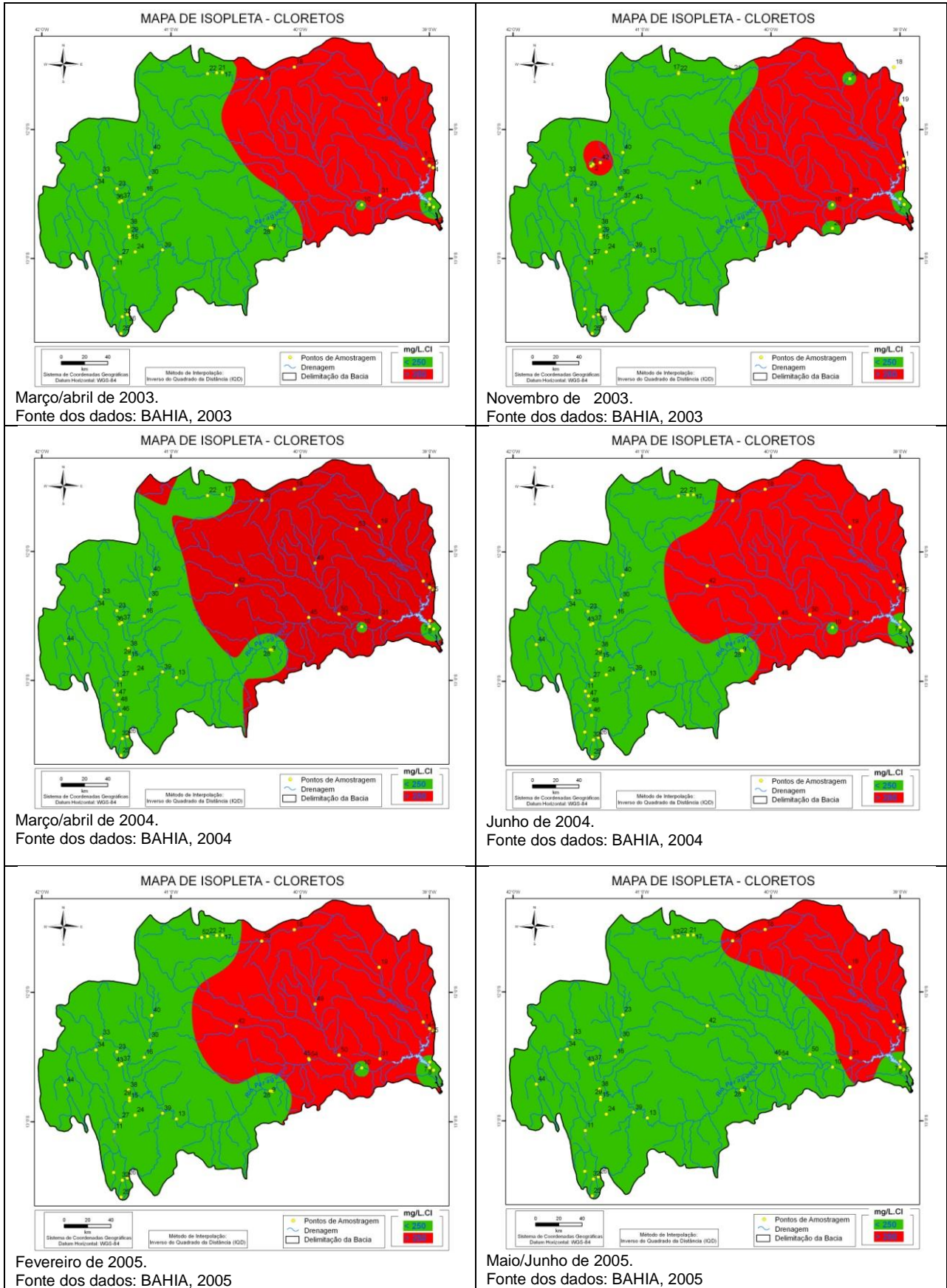
Fonte dos dados: BAHIA, 2000; BAHIA, 2001, BAHIA, 2003; BAHIA, 2004, BAHIA, 2005. Elaboração própria do autor.

Tabela 1 - Resultado síntese das análises realizadas nos anos de 2003 a 2005, para cloretos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu. Em vermelho, valores que ultrapassam os limites máximos previstos na Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005)

Estação CRA	Lat	Long	Manancial	Mai_jun 2005	Fev 2005	Jun 2004	Mar_Abr 2004	Nov 2003	Mar_Abr 2003
BA 2200	-12,81918	-41,32187	Rio Baiano	0	0	3	4,2	4,3	12,80
BT 2500	-12,37196	-41,16457	Rio Bonito	8	9	9	13,5	0	0,00
CH 2400	-12,71782	-41,81955	Rio Cochó	6	4	5,2	6,2	-	-
CI 2200	-12,51401	-39,93408	Rio Capivari	0	748	1840	1580	-	-
GI 2600	-12,51531	-39,38174	Rio Paratigi	601	561	1520	1133	5230	4096,40
LJ 2150	-13,45315	-41,37730	Rio da Laje	0	3	3	8,5	0	7,20
PB 2200	-12,95090	-41,27686	Rio Piabas	0	0	0	7,3	4,8	5,20
PG 2050	-13,58472	-41,38664	Rio Paraguaçu	4	3	4	6,8	0	7,20
PG 2150	-13,43608	-41,33861	Rio Paraguaçu	4	0	4	8,6	3,2	9,20
PG 2250	-13,07726	-41,44030	Rio Paraguaçu	5	4	6	15,2	4,0	4,90
PG 2330	-12,84001	-41,32186	Rio Paraguaçu	0	0	0	10	4,8	0,00
PG 2350	-12,98064	-40,95829	Rio Paraguaçu	0	0	8	0	4,2	-
PG 2390	-12,76461	-40,23140	Rio Paraguaçu	0	94	12	5,3	7,4	17,80
PG 2450	-12,76600	-40,21450	Rio Paraguaçu	0	19	11,8	24,1	4,6	18,60
PG 2500	-12,52131	-39,92990	Rio Paraguaçu	0	748	21,9	25,2	35,8	-
PG 2600	-12,58546	-39,52242	Rio Paraguaçu	0	120	-	83,4	22,9	19,40
PG 2700	-12,54077	-38,99593	Rio Paraguaçu	97	105	105	332	88,8	112,40
PG 2800	-12,58367	-38,99865	Rio Paraguaçu	97	106	108	94	89,2	111,20
PG 7850	-12,60257	-38,96684	Rio Paraguaçu	96	109	105	90	142,7	142,70
PR 2200	-12,35264	-41,54097	Rio Pratinha	28	6	30	31,4	26,1	5,80
PT 2700	-12,44691	-41,58190	Rio Preto	0	0	4	5,8	4,3	4,00
PX 2600	-12,48723	-39,69825	Rio do Peixe	0	537	1840	1580	-	-
RH 2200	-13,39318	-41,44335	Rio Riachão	0	0	4	6,1	3,2	-
RJ 2015	-11,57722	-40,76151	Rio Jacuípe	41	28	-	-	994	-
RJ 2020	-11,56000	-40,60107	Rio Jacuípe	68	84	71	81	150	123,40
RJ 2030	-11,56181	-40,64499	Rio Jacuípe	69	80	71	-	151	122,50
RJ 2035	-11,56794	-40,71680	Rio Jacuípe	0	28	58	45	88	116,60
RJ 2070	-11,60561	-40,29776	Rio Jacuípe	341	577	334	777	204	968,80
RJ 2080	-11,51715	-40,04576	Rio Jacuípe	610	614	554	479	594	633,70
RJ 2090	-11,80826	-39,38885	Rio Jacuípe	723	701	2530	1910	1830	704,80
RJ 2150	-12,23123	-39,04701	Rio Jacuípe	713	981	2020	1387	-	2198,40
RJ 2200	-12,28157	-38,99900	Rio Jacuípe	163	158	169	153	128	156,30
RM 2100	-12,29612	-38,97040	Riacho do Maia	1380	2440	450	1351	446	445,10
RM 2200	-12,29800	-38,97040	Riacho do Maia	253	253	351	346	264	350,20
RP 2300	-12,28157	-38,99718	Rio do Peixe	171	208	159	198	185	195,10
SA 2100	-12,26448	-40,49428	Rio Saracura	0	1190	1150	1090	782	-
SE 2300	-12,56412	-41,39847	Rio Serrano	0	0	4,7	0	3,7	4,50
SJ 2200	-12,55553	-41,38211	Rio São José	21	0	3	0	5,6	3,60
ST 2800	-12,75696	-41,32881	Rio Santo Antônio	0	4	8	9,3	8	4,60
UN 2300	-12,93664	-41,06527	Rio Una	0	0	8	5,1	5,3	5,40
UT 2300	-12,17998	-41,14946	Rio Utinga	39	72	41	51	41,5	41,50
UT 2500	-12,50409	-41,20660	Rio Utinga	32	29	29	51,5	-	29,60
MG 2300	-12,46184	-41,41831	Rio Mucugezinho	-	0	3	6,3	0	4,60
PG 2310	-12,99115	-41,39093	Rio Paraguaçu	-	8	6	-	8,1	8,90
PX 2350	-12,48723	-39,69825	Rio do Peixe	-	2290	-	1850	-	-
PG 2200	-13,18878	-41,40349	Rio Paraguaçu	-	-	5	8,80	-	-
PG 2210	-13,26376	-41,39129	Rio Paraguaçu	-	-	4	6,50	-	-
PG 2240	-13,11538	-41,41593	Rio Paraguaçu	-	-	4	13,6	-	-
SC 2100	-11,82884	-39,56254	Rio Sacraiu	-	-	-	3665	-	-

Fonte dos dados: BAHIA, 2003; BAHIA, 2004, BAHIA, 2005. Elaboração própria do autor.

Figura 2 - Concentração de cloretos em diferentes meses e anos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu

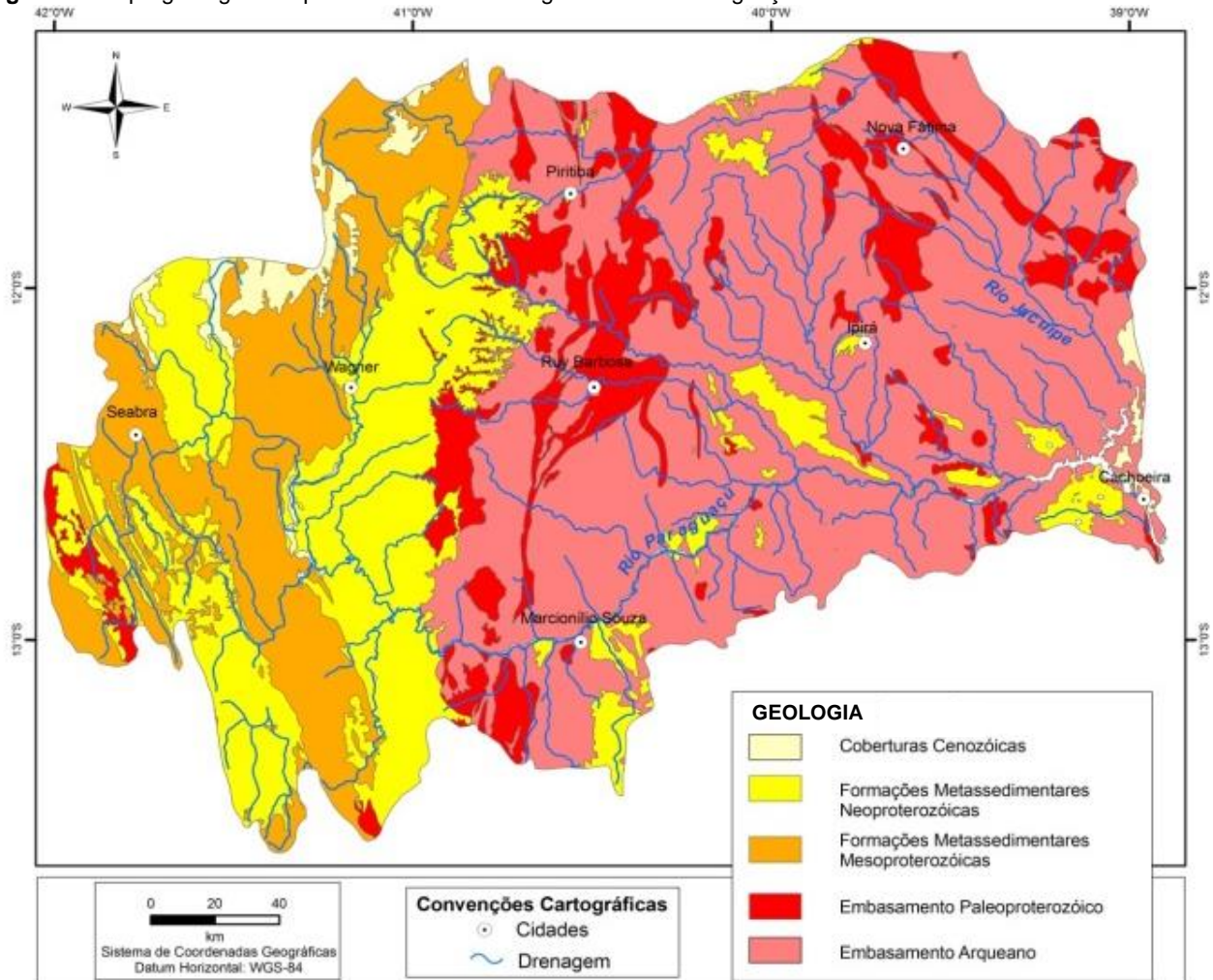


Elaboração própria do autor.

Na figura 3 consta a geologia simplificada da bacia, onde percebe-se a influência da litologia na distribuição dos cloretos, quando comparado com os mapas de isopletas de cloretos da bacia. As

maiores concentrações de cloretos estão associadas a região onde predomina os afloramentos do embasamento cristalino.

Figura 3 - Mapa geológico simplificado da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu



Fonte: GONÇALVES, 2014.

Na figura 4 podem ser observados os solos da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu onde também percebida a influencia destes na distribuição dos cloretos, quando comparado com os mapas de isopletas de cloretos da bacia. As maiores concentrações de cloretos estão associadas à região onde predominam os solos do tipo Planossolo Solódico.

Por sua vez, o clima também exerce um papel importante na concentração de cloretos, pois a alta taxa de evaporação, associada à baixa precipitação favorece a concentração de cloretos, a qual é mais forte na área da bacia em que predomina o clima semiárido. A figura 5 mostra as tipologias climáticas presentes na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu.

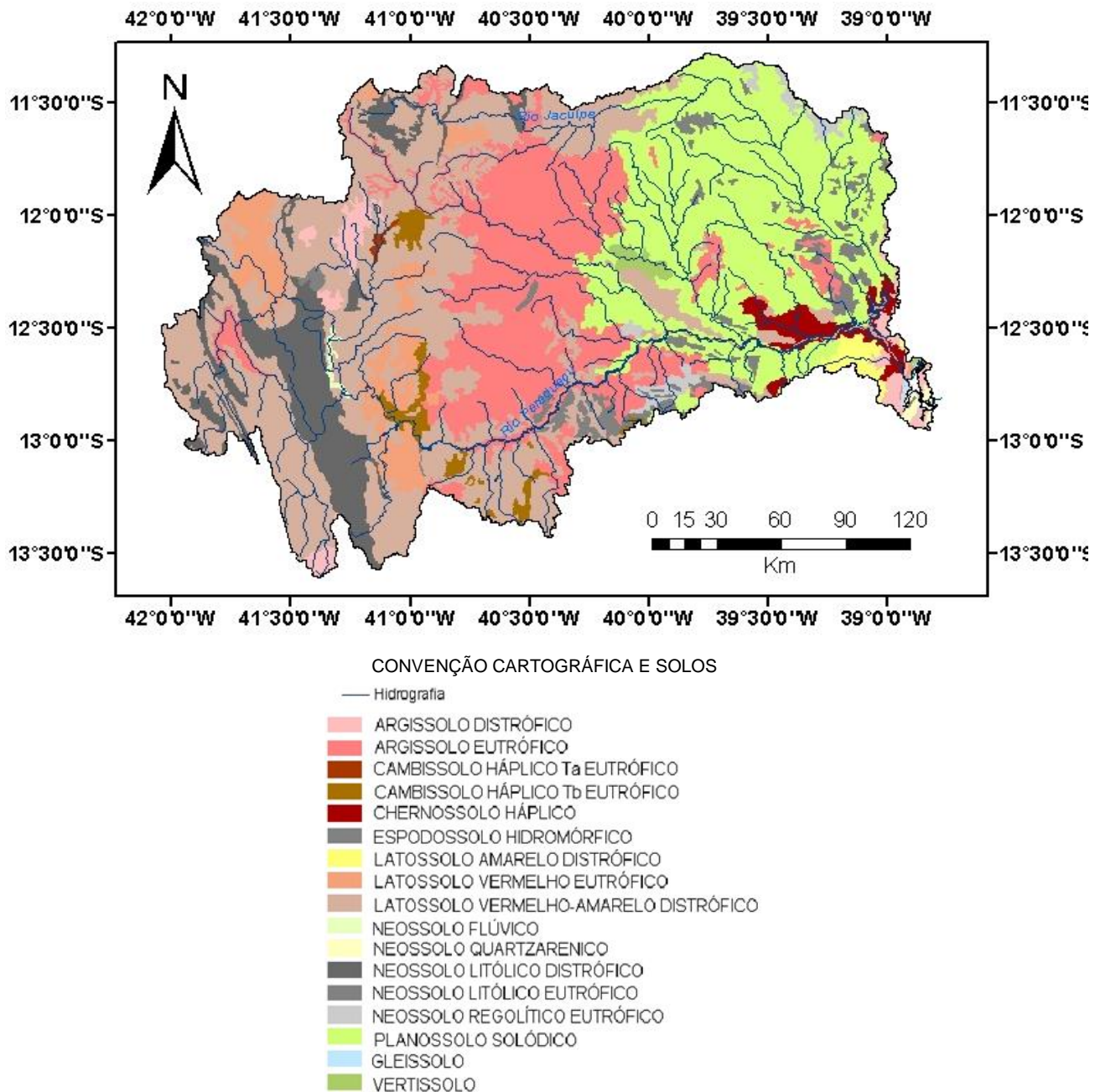
A percentagem de cada tipologia climática na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu pode ser vista na tabela 3.

Tabela 3 - Percentagem dos tipos climáticos existentes na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu

Clima	Tipologia	Percentagem
Úmido	B1rA' + BRrB'	0,8
Úmido a subúmido	C2dB' + C2dA'	5,4
Subúmido a seco	C1dB' + C1dA'	30,1
Semiárido	DbB' + Dd'A'	63,7

Fonte: GONÇALVES, 2014.

Figura 4 - Mapa pedológico da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu

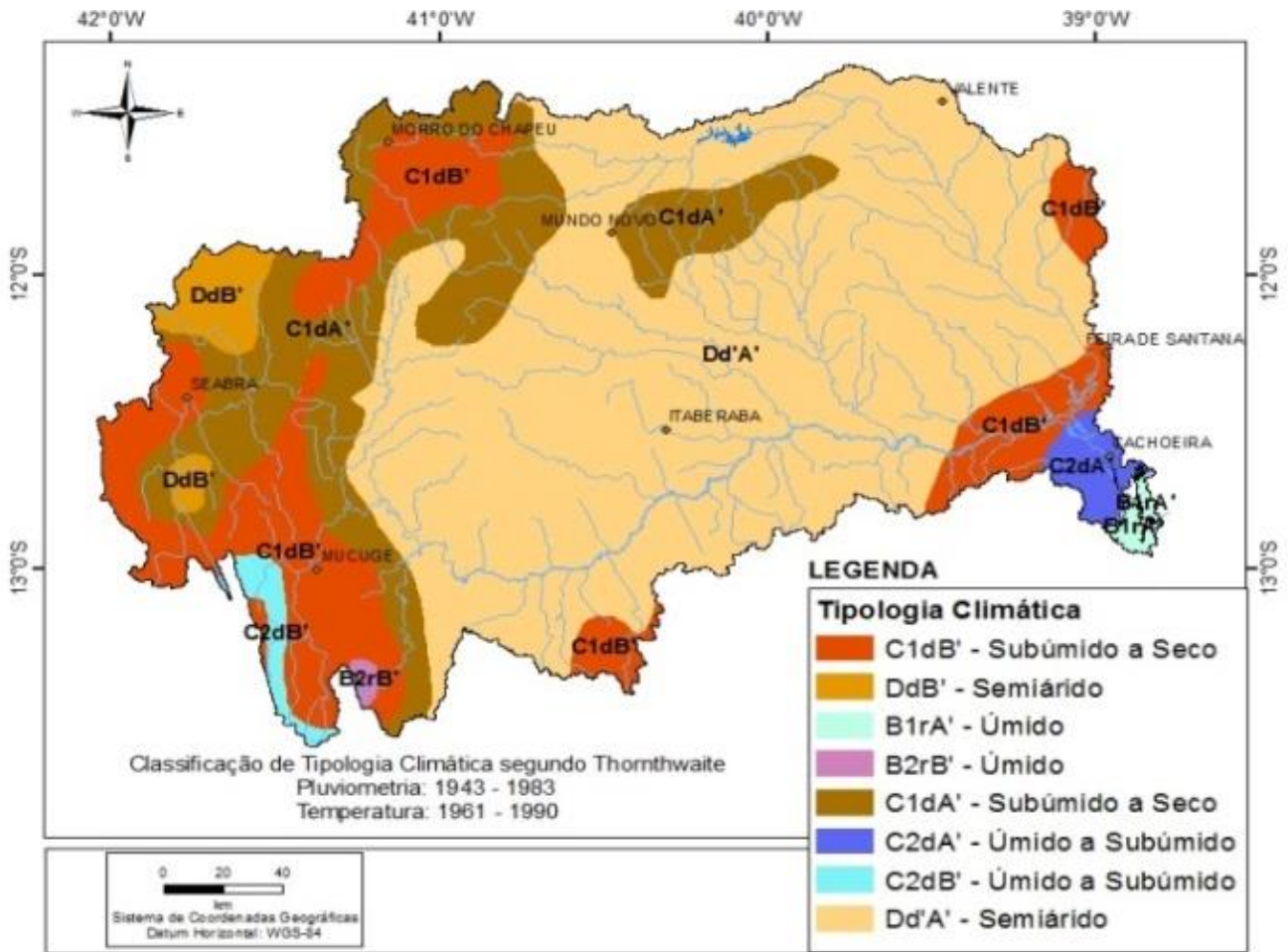


Fonte: GONÇALVES, 2014.

As concentrações de cloretos na Bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, no período estudado, variam de $0 \text{ mgL}^{-1} \text{Cl}$ até $5.230 \text{ mgL}^{-1} \text{Cl}$. As altas concentrações, embora pontuais, ocorreram de forma recorrente nos pontos amostrados durante as campanhas de campo realizadas. A figura 6 mostra expressa as concentrações máximas nas amostragens coletadas e analisadas.

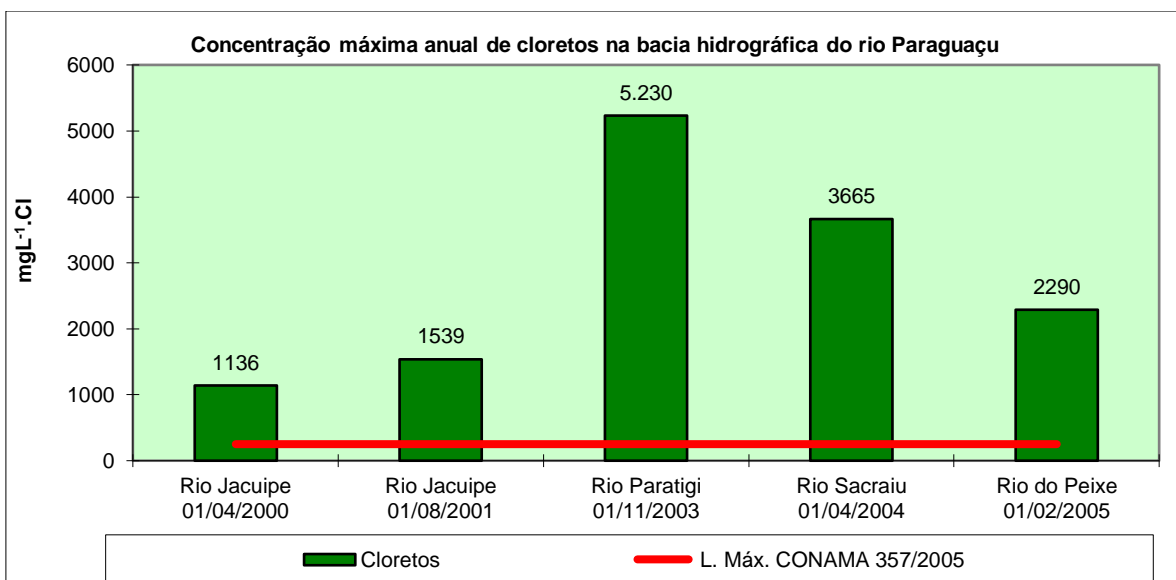
A tabela 4 correlaciona vazão média, em cada estação estudada, com a concentração média de cloretos, nas estações PG 2330, PG 2350, PG 2390 e PG 2600, BT 2500, UT 2300, RJ 2090, RJ 2150, UN 2300 e ST 2800.

Figura 5 - Mapa de tipologias climáticas da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu



Fonte: GONÇALVES, 2014.

Figura 6 - Valores Máximos de Cloretos encontrados na bacia Hidrográfica do rio Paraguaçu, entre março de 2000 e junho de 2005



Fonte dos dados: BAHIA, 2000; BAHIA, 2001; BAHIA, 2003; BAHIA, 2004; BAHIA, 2005. Elaboração própria do autor.

Tabela 4 - Vazões médias e concentrações médias de cloretos nas principais estações amostradas, utilizadas neste estudo. Os valores em vermelho se encontram fora do valor de referência (<250 mg L⁻¹ Cl)

Estação amostrada	Vazão média (m ³ /s)	Concentração média de cloretos
BT 2500	1,60	6,58
RJ 2150	1,63	1.382,23
RJ 2090	0,43	1.399,80
PG 2330	14,54	0,80
PG 2350	74,6	3,50
PG 2930	142,88	25,88
PG 2600	112,17	44,60
ST 2800	45,98	5,65
UN 2300	30,68	3,96
UT 2300	30,67	47,67

Fonte dos dados: BAHIA, 2000; BAHIA, 2001; BAHIA, 2003; BAHIA, 2004; BAHIA, 2005. Elaboração própria do autor.

No rio Bonito, Estação BT 2500, os valores das concentrações de cloretos estão muito abaixo dos padrões de referência listado na Resolução CONAMA 357/2005.

No rio Utinga, na estação UT 2300, apresenta um comportamento inverso ao rio Bonito, curiosamente em regiões geográficas tão próximas.

O comportamento do rio Utinga em comparação ao rio Bonito pode ser explicado pelo fato do rio Utinga esta localizado na borda da bacia, enquanto que o rio Bonito esta localizado numa região de platô e possui uma vazão média 60% menor do que a do rio Utinga.

No rio Jacuípe, estação RJ 2150 e RJ 2090, os valores das concentrações de cloretos estão muito acima dos padrões de referência listado na Resolução CONAMA 357/2005.

Em todas as estações localizadas no rio Paraguaçu os valores de cloretos estão abaixo dos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005, sendo que na estação PG 2330 para valores de vazões maiores do que 11,085 m³/s o valor de cloreto é nulo.

No rio Santo Antônio o reflexo das trombas d'água e tributários dos rios temporários na fase juvenil não causa grande interferência na qualidade de suas águas, no que se refere às concentrações de cloretos, tendo em vista que todas as amostras analisadas se encontram dentro dos valores orientativos da Resolução CONAMA 357/2005.

Embora o rio Una esteja numa área de nascentes na Chapada Diamantina, ele não possui tributários importantes que influenciem significativamente na sua vazão. Suas águas tributam o rio Paraguaçu, quando este se encontra na fase madura e já possui uma vazão expressiva, porém a baixa concentração de cloretos, em suas águas, ajuda a dissolução de cloretos na calha principal.

CONCLUSÕES

As maiores concentrações de cloretos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu estão localizadas no terço inferior da bacia hidrográfica, associado principalmente a grande quantidade de rochas do embasamento cristalino e de solos do tipo planossolos solódico, caracterizando assim um controle Lito-pedo-climático das concentrações de cloretos, onde as litologias e os solos fornecem os íons e o clima semiárido se encarrega de concentra-los.

Embora o rio Paraguaçu receba todas as contribuições da bacia hidrográfica, sua vazão é, quase sempre, suficiente para diluir as altas concentrações de sais existentes na bacia.

Os rios Jacuípe, Paratigi, Sacraiu e Peixe possuem as maiores concentrações de cloretos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu. Suas altas concentrações de cloretos são diluídas no rio Paraguaçu, principalmente na Barragem de Pedra do Cavalo onde desemborca o rio Jacuípe.

A bacia do rio Paraguaçu possui problemas com cloretos em seus tributários situados no meio para a foz da bacia. O rio Paraguaçu em alguns momentos, também no trecho situado no meio para a foz da bacia, pode apresentar níveis elevados de cloretos em função de redução de vazão e perda da capacidade momentânea de diluição dos sais.

REFERÊNCIAS

- BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador - BA**, Relatório Anual Salvador, Bahia, 2000. (Documento interno).
- BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador - BA**, Relatório Anual Salvador, Bahia, 2001. (Documento interno).
- BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Programa de Monitoração da Qualidade das Águas Superficiais e Costeiras da Bahia**: Relatório Anual Salvador, Bahia, 2002. (Documento interno).
- BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador - BA**, Abril, 2003. (Documento interno).
- BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador - BA**, Novembro, 2003-B. (Documento interno).
- BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do**

Paraguaçu - Salvador - BA, Abril, 2004.
(Documento interno).

BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA.
Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador - BA, Junho, 2004-B.
(Documento interno).

BAHIA. Centro de Recursos Ambientais-CRA.
Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador - BA, Novembro, 2005.
(Documento interno).

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Alterada pela Resolução CONAMA nº 410/2009 e pela Resolução CONAMA nº 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [Republica Federativa do Brasil]**, Brasília, DF: nº 053, 18 mar. 2005, p. 58-63.

GONÇALVES, M. J. de S. **Avaliação Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 f. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014.