

5 Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados do trabalho. Em primeiro lugar, com a finalidade de avaliar a confiabilidade da ferramenta computacional, no subcapítulo 5.1 apresenta-se os resultados de uma comparação feita entre a ferramenta desenvolvida e uma implementação parcial do modelo programada em MATLAB Simulink. Já nos subcapítulos 5.2 e 5.3, com o objetivo de avaliar a eficiência do modelo, são apresentados os resultados de diferentes avaliações feitas sobre o índice de qualidade da água e sobre o índice biótico do MIAQR-PALADINES.

5.1. Teste de confiabilidade da ferramenta com MATLAB

Com o objetivo de avaliar o nível de confiabilidade da ferramenta na hora da entrega de resultados, foi feito um teste comparativo entre a ferramenta computacional e parte do MIAQR-PALADINES programado em MATLAB, essencialmente a parte Índices (secção 4.1.1.4). As ferramentas Fuzzy Logic Toolbox e Simulink do MATLAB foram utilizadas no teste. Os diagramas de programação são apresentados na Figura 53 e Figura 57. Empregando a estrutura descrita nos fluxogramas da Figura 29 e Figura 30, foi implementado o cálculo dos índices finais a partir dos respectivos subíndices. Foram escolhidos na avaliação unicamente os conjuntos fuzzy e a base de regras da metodologia de cálculo Epilímnio.

Tanto no caso da ferramenta computacional como na implementação em MATLAB, todos os sistemas de inferência (nove no índice de qualidade da água e sete no índice biótico) foram configurados da forma seguinte:

- *Mínimo* como operador fuzzy AND dos antecedentes. Não foi implementada nenhuma regra com o operador OR.
- *Mínimo* como operador de implicação.
- *Máximo* na agregação dos consequentes.
- *Centroide de área* na defuzzificação.

Com a finalidade de testar cada variável dentro da sua completa faixa de variação, utilizaram-se dados simulados como valores de entrada no teste. Duas bases de dados de avaliação diferentes foram criadas, uma base de dados para o índice de qualidade da água e outra para o índice biótico. Os dados das bases compreendem valores separados proporcionalmente dentro das faixas de maior variação de cada indicador ou métrica. As faixas foram obtidas dos dados das bases do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro e da Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica da UFRRJ (secção 3.1.3). 21 valores foram considerados suficientes para representar satisfatoriamente toda a faixa de variação de cada variável de entrada. As bases de dados criadas são apresentadas na Tabela 7 e Tabela 10.

Os resultados do teste são apresentados nas tabelas 8, 9, 11 e 12. Para facilitar a leitura dos dados, as tabelas 8 e 11 apresentam os resultados dos subíndices, enquanto as tabelas 9 e 12, os resultados dos índices finais. Além das tabelas, os resultados são oferecidos utilizando gráficos de colunas. As gráficas são apresentadas nas figuras 54, 55, 56, 58, 59 e 60.

A discussão dos resultados do teste será mostrada no subcapítulo 5.4.

5.1.1.1. Índice de qualidade da água

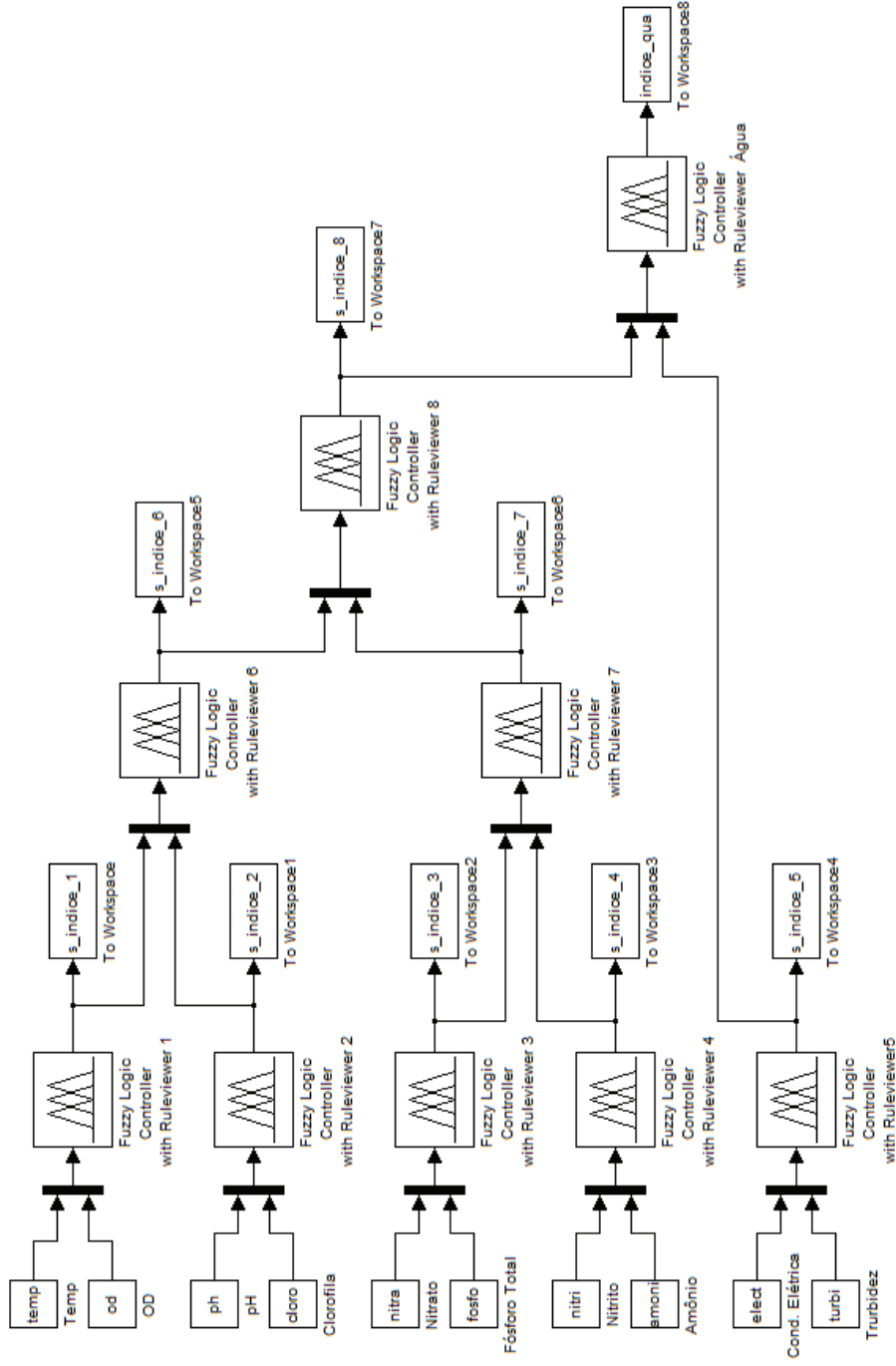


Figura 53. Diagrama da implementação do Índice de Qualidade de Água realizada em Simulink-MATLAB

Dado de teste	Temp (°C) (16-33)	OD (mg/L) (0-8)	pH (5-8)	Clorofila (µg/L) (0-7)	Nitrato (mg/L N) (0-0.8)	FT (mg/L P) (0-0.12)	Nitrito (mg/L N) (0-0.03)	Amônio (mg/L N) (0-0.4)	Condutiv (µS/cm) (20-35)	Turbidez (UNT) (0.086-5.78)
1	16	0	5	0	0	0	0	0	20	0,086
2	16,85	0,4	5,15	0,35	0,04	0,006	0,002	0,02	20,75	0,371
3	17,7	0,8	5,3	0,7	0,08	0,012	0,003	0,04	21,5	0,655
4	18,55	1,2	5,45	1,05	0,12	0,018	0,005	0,06	22,25	0,94
5	19,4	1,6	5,6	1,4	0,16	0,024	0,006	0,08	23	1,225
6	20,25	2	5,75	1,75	0,2	0,03	0,008	0,1	23,75	1,51
7	21,1	2,4	5,9	2,1	0,24	0,036	0,009	0,12	24,5	1,794
8	21,95	2,8	6,05	2,45	0,28	0,042	0,011	0,14	25,25	2,079
9	22,8	3,2	6,2	2,8	0,32	0,048	0,012	0,16	26	2,364
10	23,65	3,6	6,35	3,15	0,36	0,054	0,014	0,18	26,75	2,648
11	24,5	4	6,5	3,5	0,4	0,06	0,015	0,2	27,5	2,933
12	25,35	4,4	6,65	3,85	0,44	0,066	0,017	0,22	28,25	3,218
13	26,2	4,8	6,8	4,2	0,48	0,072	0,018	0,24	29	3,502
14	27,05	5,2	6,95	4,55	0,52	0,078	0,02	0,26	29,75	3,787
15	27,9	5,6	7,1	4,9	0,56	0,084	0,021	0,28	30,5	4,072
16	28,75	6	7,25	5,25	0,6	0,09	0,023	0,3	31,25	4,357
17	29,6	6,4	7,4	5,6	0,64	0,096	0,024	0,32	32	4,641
18	30,45	6,8	7,55	5,95	0,68	0,102	0,026	0,34	32,75	4,926
19	31,3	7,2	7,7	6,3	0,72	0,108	0,027	0,36	33,5	5,211
20	32,15	7,6	7,85	6,65	0,76	0,114	0,029	0,38	34,25	5,495
21	33	8	8	7	0,8	0,12	0,03	0,4	35	5,78

Tabela 7. Variáveis Físicas e Químicas – dados de teste

Dado de teste	SI 1		SI 2		SI 3		SI 4		SI 5		SI 6		SI 7		SI 8	
	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB
1	8,33	8,00	25	25,00	91,67	92,00	91,67	92,00	91,67	92,00	19,44	18,85	90,97	91,29	65,32	65,59
2	26,29	25,81	25	25,00	83,12	83,48	83,63	84,01	91,12	91,39	26,81	26,17	90,93	91,14	65,36	65,52
3	32,73	32,40	25	25,00	79,39	79,69	79,39	79,69	90,65	90,92	33,57	33,28	91,45	91,71	67,16	67,47
4	33,67	33,47	25	25,00	76,88	77,09	76,88	77,09	91,55	91,86	34,38	34,20	91,62	91,92	67,39	67,76
5	30,77	30,66	25	25,00	75,48	75,58	75,48	75,58	74,83	75,31	31,78	31,68	91,66	91,99	66,84	67,23
6	25,43	25,43	25	25,00	75	75,00	75	75,00	65,97	66,23	25,63	25,62	91,67	92,00	65,92	66,22
7	31,03	31,03	38,78	38,96	68,97	68,97	68,97	68,97	57,77	57,91	33	32,95	71,91	72,35	54,68	55,17
8	35,48	35,48	46,62	46,90	60,73	60,73	64,52	64,52	46,66	46,63	35,88	35,88	66,29	66,52	51,51	51,68
9	39,48	39,48	49,83	50,09	50	50,00	60,48	60,48	39,04	38,92	39,09	39,09	60,88	60,88	49,98	49,98
10	43,96	43,96	49,98	50,13	40,69	40,69	56,03	56,03	34,39	34,15	42,96	42,96	47,35	47,35	41,85	41,77
11	50	50,00	50	50,00	25	25,00	50	50,00	14,06	13,74	50	50,00	25	25,00	25	25,00
12	50	50,00	43,97	43,97	24,5	24,39	43,25	43,10	9,15	8,88	50	50,00	24,14	23,96	24,99	24,96
13	50	50,00	39,52	39,52	22,59	22,34	37,32	37,10	10,21	9,95	50	50,00	21,94	21,56	24,82	24,70
14	50	50,00	35,48	35,48	17,92	17,61	32,7	32,38	10,74	10,48	50	50,00	18,95	18,33	24,31	24,02
15	50	50,00	31,03	31,03	10,21	9,95	26,29	25,81	10,21	9,95	50	50,00	12,35	10,97	21,95	20,92
16	50	50,00	25	25,00	9,72	9,46	8,33	8,00	9,72	9,46	50	50,00	9,24	8,93	20,1	19,56
17	56,03	56,03	24,52	24,42	9,29	9,02	8,61	8,32	9,29	9,02	49,26	49,11	9,17	8,86	20,06	19,51
18	60,48	60,48	23,12	22,91	9,29	9,02	9,29	9,02	9,52	9,25	46,94	46,65	9,17	8,86	20,06	19,51
19	60,48	60,48	20,61	20,31	9,29	9,02	9,29	9,02	8,92	8,64	43,8	43,48	9,17	8,86	20,06	19,51
20	56,03	56,03	16,37	15,99	8,61	8,32	8,61	8,32	8,5	8,20	40,66	40,34	9,07	8,75	20,06	19,70
21	50	50,00	8,33	8,00	8,33	8,00	8,33	8,00	8,33	8,00	34,09	33,80	9,03	8,71	19,97	19,42

Tabela 8. Resultado dos Subíndices que conformam o Índice de Qualidade da Água (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

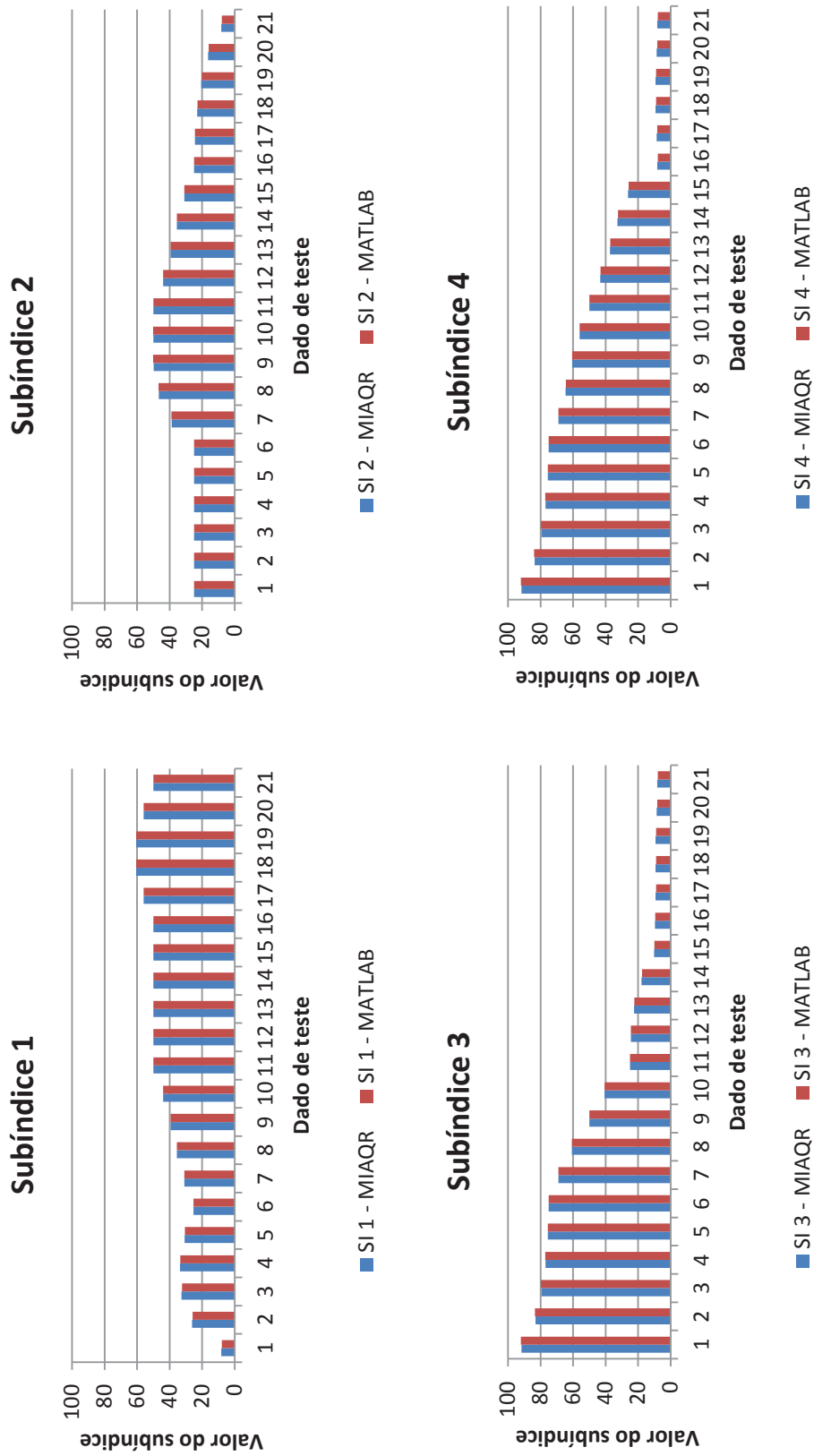


Figura 54. Resultado dos Subíndices que conformam o Índice de Qualidade da Água (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

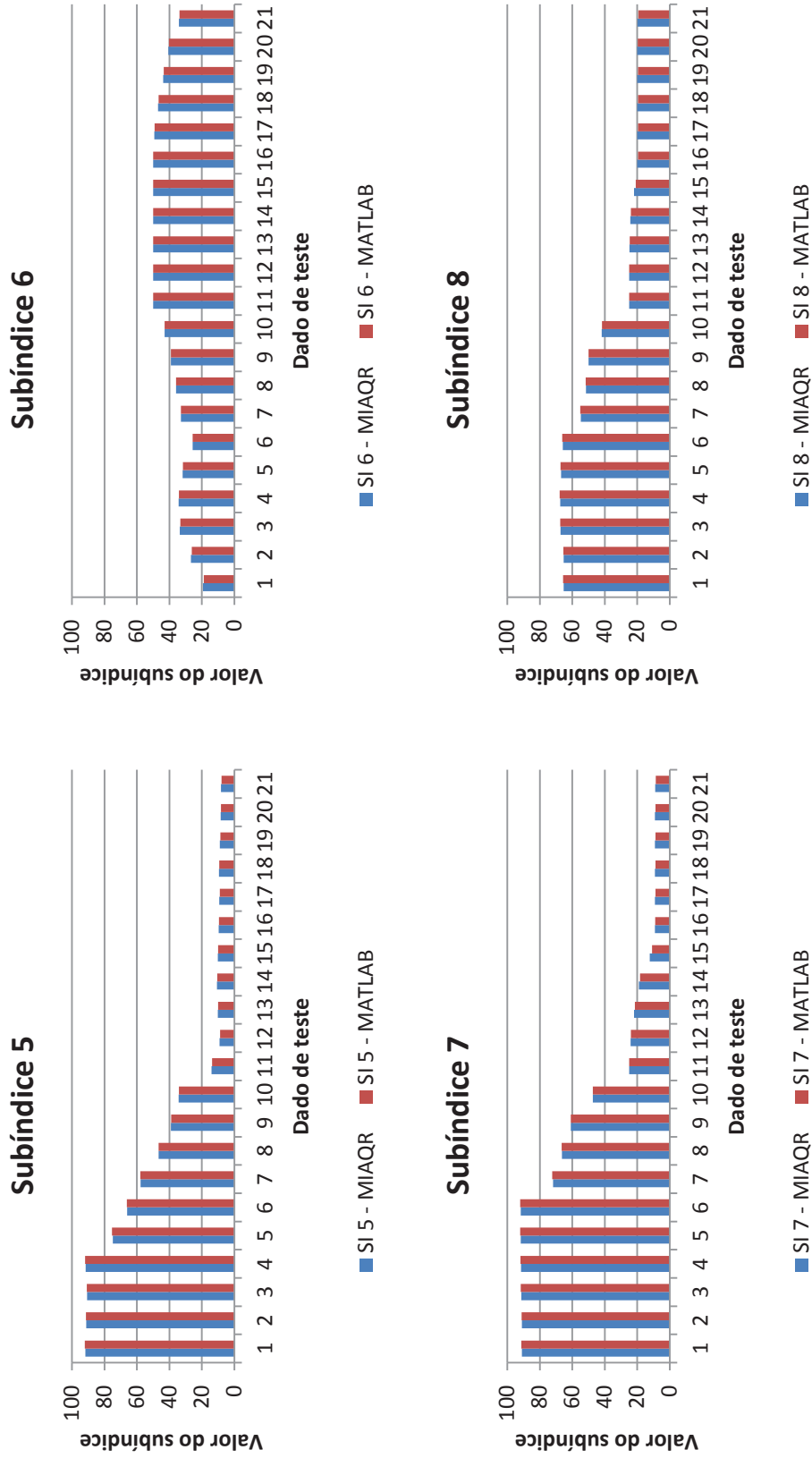


Figura 55. Resultado dos Subíndices que conformam o Índice de Qualidade da Água (MIAQR e MATLAB Simulink) (continuação)

Número de teste	Índice Q_Água MIAQR	Índice Q_Água MATLAB
1	64,78	65,01
2	64,81	64,95
3	66,03	66,31
4	66,38	66,71
5	66,05	66,39
6	65,28	65,53
7	56,03	56,52
8	52,13	52,35
9	49,97	49,97
10	40,8	40,81
11	25,00	25,00
12	25,00	25,00
13	25,00	24,99
14	24,99	24,95
15	24,79	24,53
16	24,48	24,25
17	24,48	24,25
18	24,48	24,24
19	24,49	24,26
20	24,5	24,31
21	24,48	24,25

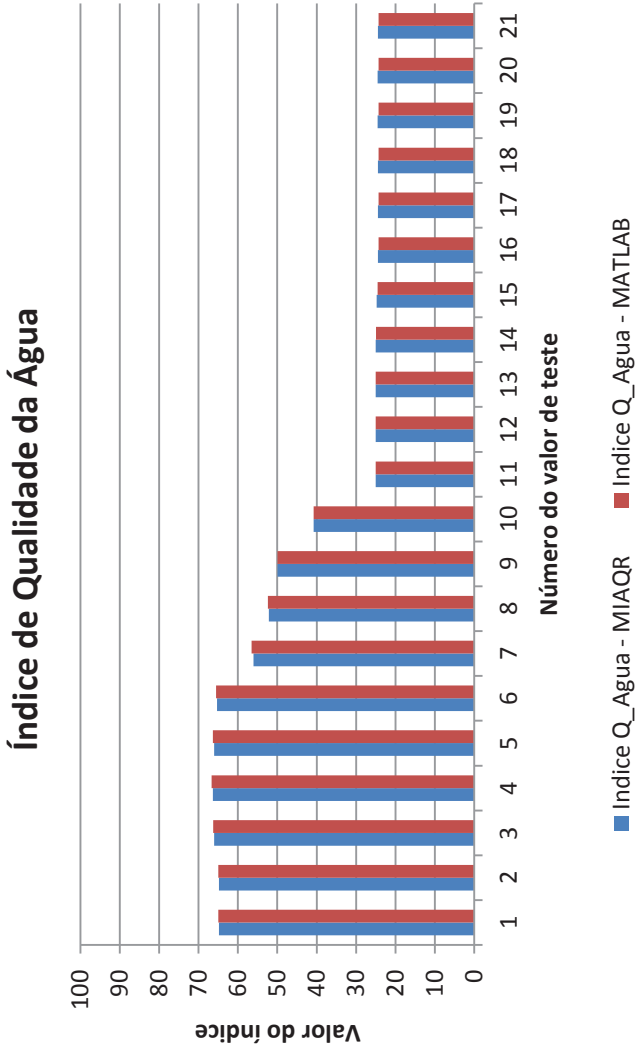


Figura 56. Resultados do Índice de Qualidade da Água (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

Tabela 9. Resultados do Índice de Qualidade da Água (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

5.1.2. Índice Biótico

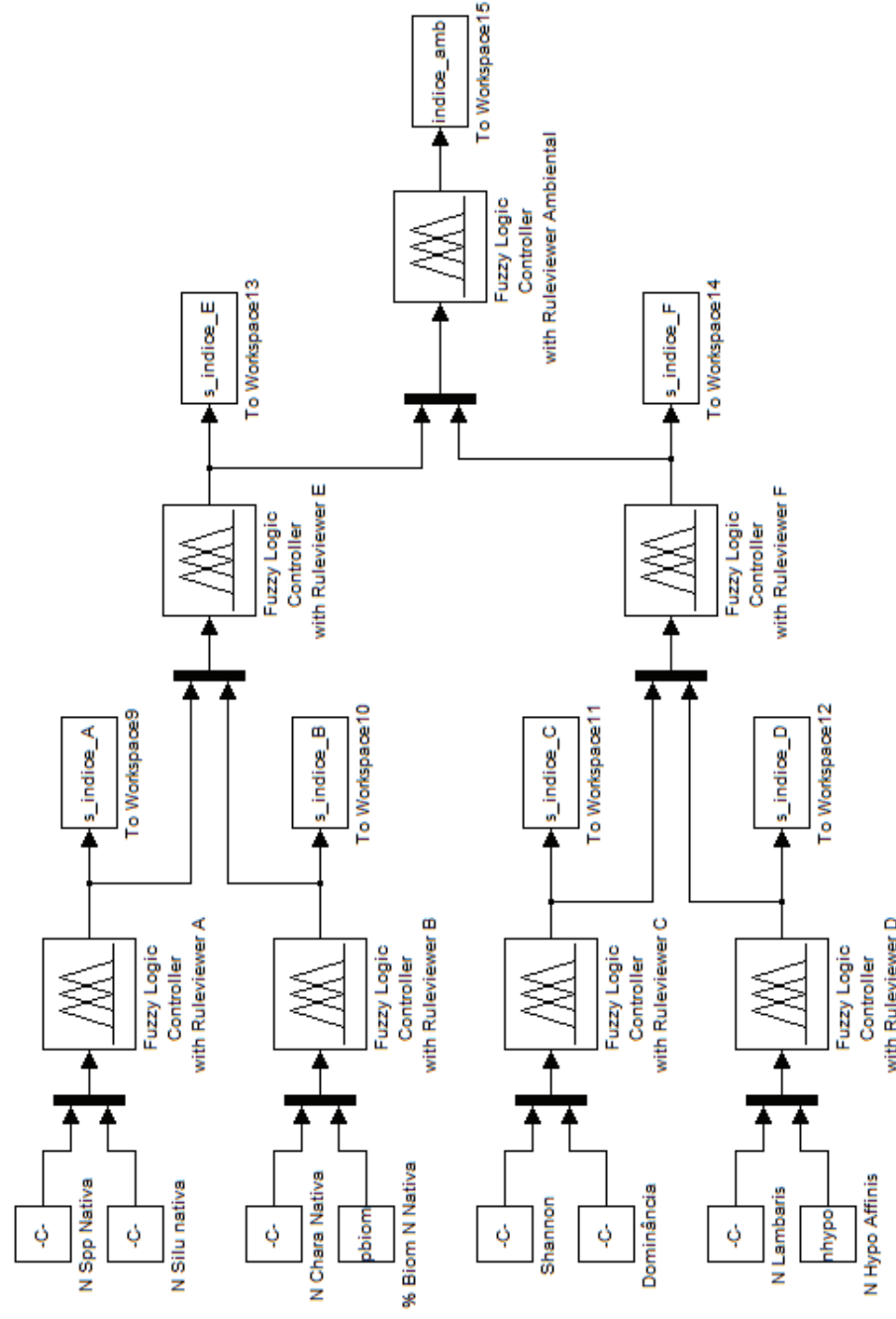


Figura 57. Diagrama da implementação do Índice de Qualidade biótico realizada em Simulink-MATLAB

Número de teste	N Spp Nativa	N Silu Nativa	N Chara Nativa	% Biom Não Nativa	Shannon_H	Dominance_D	N Lambaris	N Hypo affinis
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,55	0,20	0,30	5,00	0,10	0,05	12,30	0,40
3	1,10	0,40	0,60	10,00	0,19	0,10	24,60	0,80
4	1,65	0,60	0,90	15,00	0,29	0,15	36,90	1,20
5	2,20	0,80	1,20	20,00	0,38	0,20	49,20	1,60
6	2,75	1,00	1,50	25,00	0,48	0,25	61,50	2,00
7	3,30	1,20	1,80	30,00	0,57	0,30	73,80	2,40
8	3,85	1,40	2,10	35,00	0,67	0,35	86,10	2,80
9	4,40	1,60	2,40	40,00	0,76	0,40	98,40	3,20
10	4,95	1,80	2,70	45,00	0,86	0,45	110,70	3,60
11	5,50	2,00	3,00	50,00	0,95	0,50	123,00	4,00
12	6,05	2,20	3,30	55,00	1,05	0,55	135,30	4,40
13	6,60	2,40	3,60	60,00	1,14	0,60	147,60	4,80
14	7,15	2,60	3,90	65,00	1,24	0,65	159,90	5,20
15	7,70	2,80	4,20	70,00	1,33	0,70	172,20	5,60
16	8,25	3,00	4,50	75,00	1,43	0,75	184,50	6,00
17	8,80	3,20	4,80	80,00	1,52	0,80	196,80	6,40
18	9,35	3,40	5,10	85,00	1,62	0,85	209,10	6,80
19	9,90	3,60	5,40	90,00	1,71	0,90	221,40	7,20
20	10,45	3,80	5,70	95,00	1,81	0,95	233,70	7,60
21	11,00	4,00	6,00	100,00	1,90	1,00	246,00	8,00

Tabela 10. Variáveis Biológicas – dados de teste

Número de teste	SI A		SI B		SI C		SI D		SI E		SI F	
	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB	MIAQR	MATLAB
1	8,33	8,00	8,33	8,00	50,00	50,00	8,33	8,00	19,44	18,85	34,09	33,80
2	13,74	13,36	18,78	18,43	53,23	53,23	20,61	20,31	24,14	23,88	44,58	44,28
3	18,04	17,69	22,91	22,69	56,19	56,18	43,95	43,92	24,91	24,83	57,18	57,17
4	19,88	19,56	24,87	24,81	59,35	59,35	62,02	62,02	25,00	24,99	63,96	64,17
5	21,22	20,94	31,03	31,03	59,34	59,34	73,64	73,64	25,00	25,00	74,52	74,72
6	22,61	22,38	37,50	37,50	56,27	56,27	75,04	75,08	25,00	25,00	75,74	75,87
7	23,64	23,46	25,00	25,00	50,00	50,00	75,18	75,25	25,00	25,00	75,00	75,00
8	24,30	24,16	28,33	28,33	40,90	40,90	75,46	75,58	25,00	25,00	75,00	75,00
9	24,80	24,73	35,48	35,48	42,67	42,66	75,80	75,94	25,00	25,00	75,00	75,00
10	25,00	24,99	41,48	41,49	45,40	45,40	76,13	76,29	25,00	25,00	75,00	75,00
11	34,09	34,09	50,00	50,00	40,87	40,83	76,63	76,82	34,73	34,73	75,00	75,00
12	47,78	47,79	54,02	54,01	40,66	40,66	77,24	77,46	52,02	52,02	75,00	75,00
13	60,48	60,48	56,43	56,43	38,70	38,70	77,95	78,21	61,84	62,00	75,00	75,00
14	64,28	64,27	56,81	56,81	45,88	45,82	78,79	79,07	64,91	65,06	75,00	75,00
15	68,97	68,97	54,22	54,22	51,45	51,45	79,60	79,92	68,33	68,42	75,04	75,08
16	75,08	75,13	50,00	50,00	55,49	55,50	79,41	79,71	75,00	75,00	75,57	75,69
17	75,84	75,98	43,27	43,27	62,50	62,50	81,33	81,67	75,00	75,00	77,98	78,23
18	77,39	77,62	41,12	41,12	59,97	59,97	83,41	83,78	75,00	75,00	76,87	77,07
19	79,70	80,01	43,27	43,27	58,59	58,59	85,73	86,11	75,00	75,00	76,49	76,71
20	84,04	84,43	46,58	46,58	54,28	54,28	88,41	88,78	75,00	75,00	75,43	75,53
21	91,67	92,00	50,00	50,00	50,00	50,00	91,67	92,00	75,00	75,00	75,00	75,00

Tabela 11. Resultado dos Subíndices que conformam o Índice Biótico (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

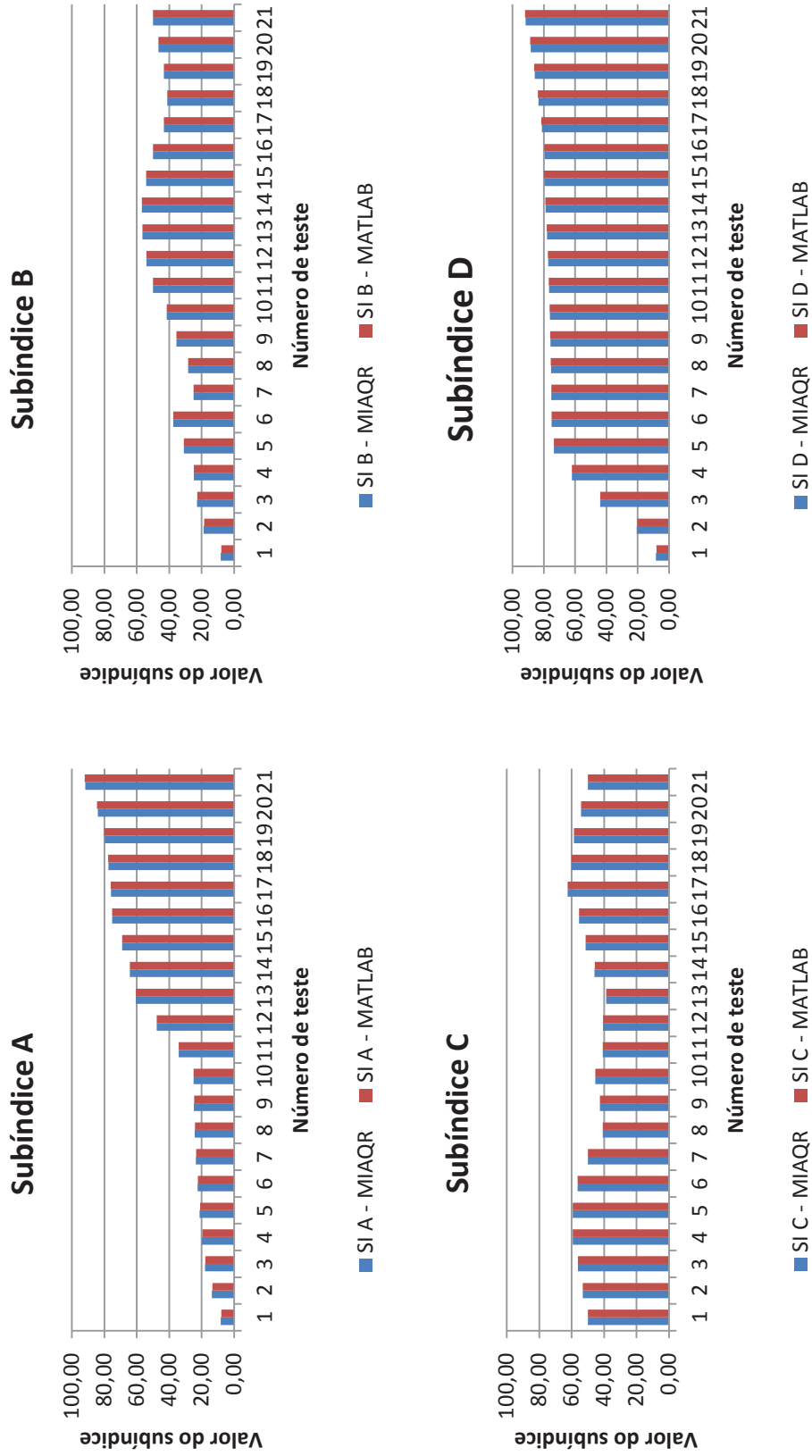


Figura 58. Resultado dos Subíndices que conformam o Índice Biótico (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

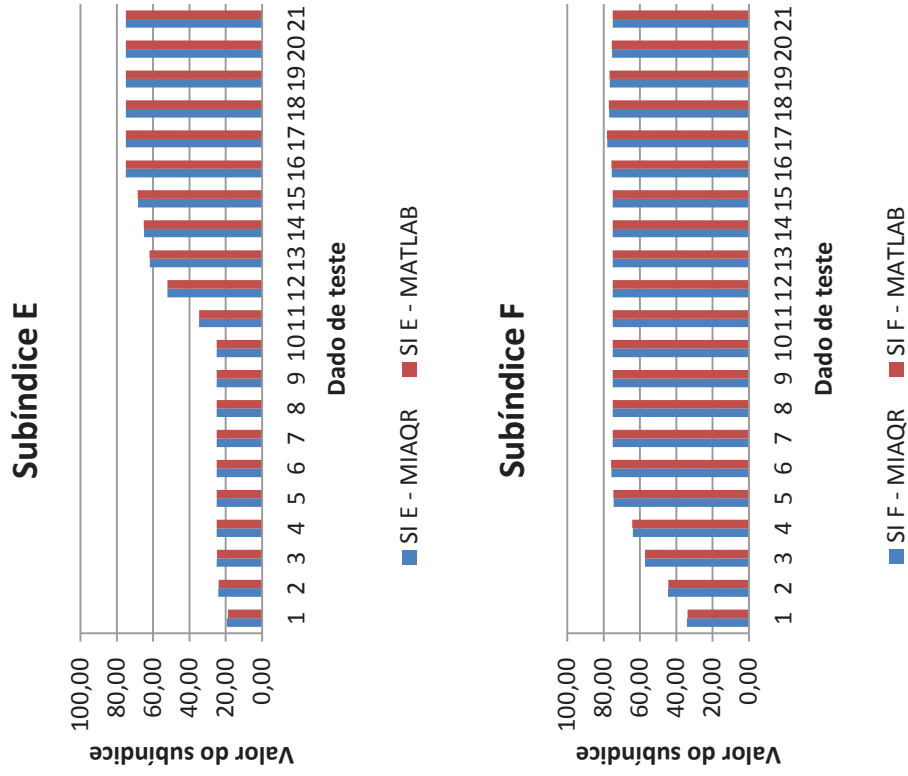


Figura 59. Resultado dos Subíndices que conformam o Índice Biótico (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink) (continuação)

Número de teste	Índice Biótico MIAQR	Índice Biótico MATLAB
1	34,09	33,57
2	43,53	43,19
3	49,85	49,73
4	50	49,99
5	50	50,00
6	50	50,00
7	50	50,00
8	50	50,00
9	50	50,00
10	50	50,00
11	60,26	60,26
12	75	75,00
13	75	75,00
14	75	75,00
15	75	75,00
16	75,01	75,03
17	75,17	75,27
18	75,07	75,13
19	75,04	75,10
20	75	75,02
21	75	75,00

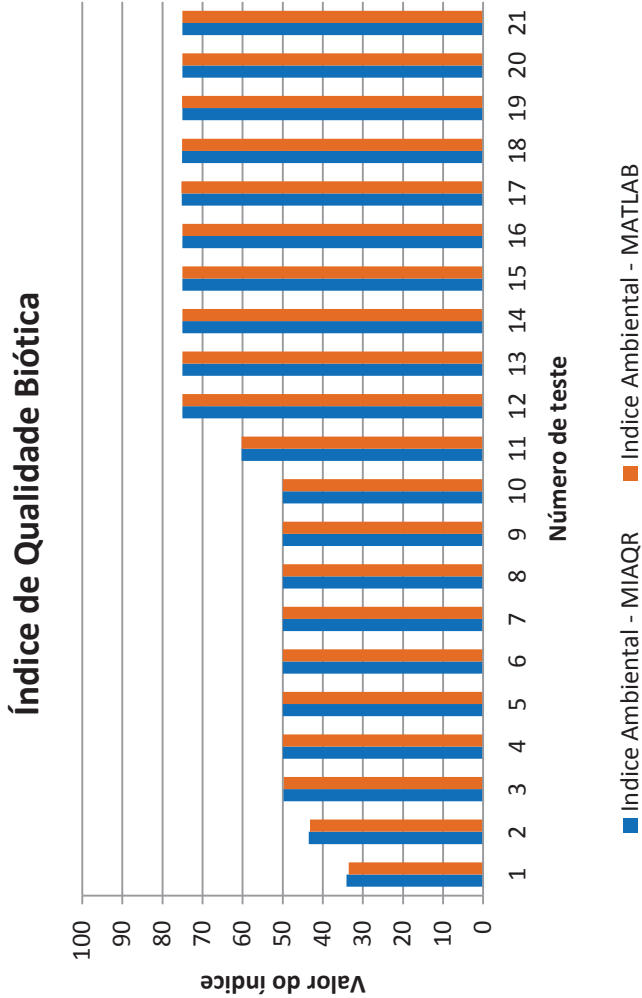


Figura 60. Resultados do Índice Biótico (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

Tabela 12. Resultados do Índice Biótico (MIAQR-PALADINES e MATLAB Simulink)

5.2. Avaliação do Índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

5.2.1. Análise de resposta do modelo para cada variável

Foi analisado o comportamento do modelo para cada um dos dez indicadores físicos e químicos. Utilizou-se como valores de entrada a mesma base de dados do subcapítulo anterior (vinte e um valores por indicador compreendidos dentro do intervalo de maior variabilidade deste).

O teste de comportamento compreende em variar, em todo seu intervalo, o valor de entrada de um indicador só, enquanto todos os outros indicadores permanecem fixos. Assim, são refletidas no índice final e nos subíndices unicamente as variações do indicador em teste.

O valor escolhido no qual os outros indicadores, que não formam parte do teste, permanecem fixos é a média dos valores de todas as coletas entre os cinco locais de amostragem L1, L2, L3, L4 e L5, descritos na seção 3.1.3 recolhidas no ano 2009. A média de cada indicador é apresentada na Tabela 13.

OD	pH	Clorofila	Nitrato	Fósforo Total	Nitrito	Amonio	Condutiv	Turbidez
7,37	6,19	2,39	0,25	0,03	0,02	0,26	27,12	1,71

Tabela 13. Valores constantes dos indicadores segundo o teste

Considerando que o índice final é resultado de sistemas fuzzy intermediários e que no trabalho optou-se por usar apenas subsistemas com duas variáveis de entrada (Figura 29 no subcapítulo 3.7), os subíndices com ambas as entradas constantes serão, de igual forma, constantes. A Tabela 14 apresenta o valor dos subíndices e índice final caso todos os indicadores permanecerem constantes.

SI 1	SI 2	SI 3	SI 4	SI 5	SI 6	SI 7	SI 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
75,42	52,34	66,41	31,51	39,73	75	48,32	72,68	71,36

Tabela 14. Resultado dos subíndices e índice final caso os indicadores sejam constantes

Nas tabelas e figuras a seguir mostram-se os resultados dos testes para cada variável.

A discussão dos resultados do teste será apresentada no subcapítulo 5.4.

5.2.1.1. Temperatura

Na tabela a seguir apresenta-se a influência da temperatura nos subíndices 1, 6, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Temperatura (°C)	Subíndice 1	Subíndice 6	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	16	80,91	75,66	72,68	71,36
2	16,85	80,91	75,66	72,68	71,36
3	17,7	80,35	75,54	72,68	71,36
4	18,55	80,25	75,52	72,68	71,36
5	19,4	80,91	75,66	72,68	71,36
6	20,25	80,91	75,66	72,68	71,36
7	21,1	80,91	75,66	72,68	71,36
8	21,95	80,37	75,55	72,68	71,36
9	22,8	80,27	75,53	72,68	71,36
10	23,65	80,91	75,66	72,68	71,36
11	24,5	80,91	75,66	72,68	71,36
12	25,35	72,44	71,6	67,4	65,97
13	26,2	68,86	67,86	64,12	63,8
14	27,05	67,84	66,94	63,38	63,21
15	27,9	66,82	66,04	62,69	62,65
16	28,75	66,3	65,6	62,35	62,38
17	29,6	66,3	65,6	62,35	62,38
18	30,45	64,52	64,12	61,22	61,48
19	31,3	60,48	60,88	58,75	59,81
20	32,15	56,36	57,34	55,86	57,6
21	33	50	50	47,68	46,36

Tabela 15. Influência da variável Temperatura nos subíndices 1,6 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

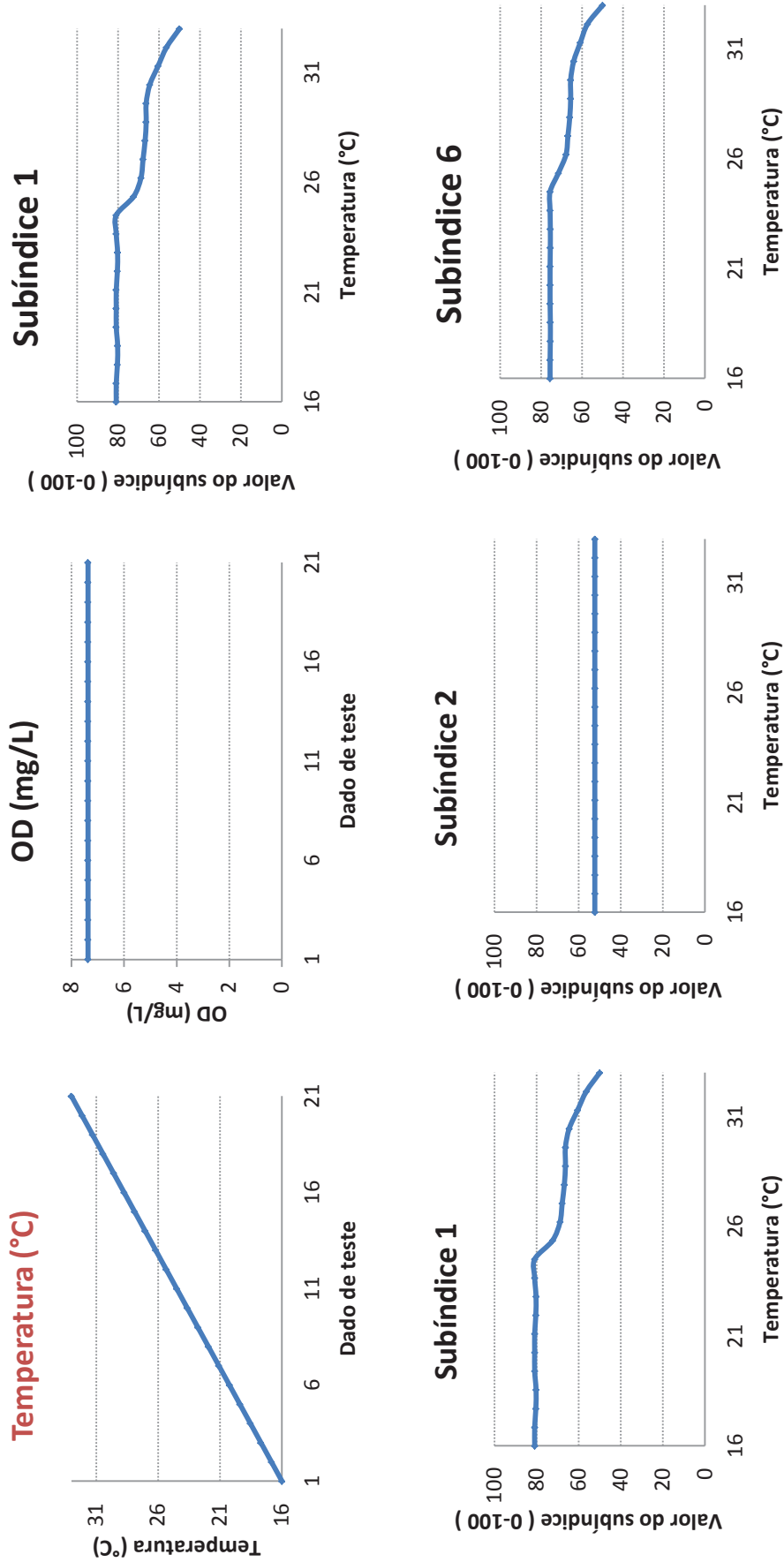


Figura 61. Análise de comportamento do modelo – Variável Temperatura

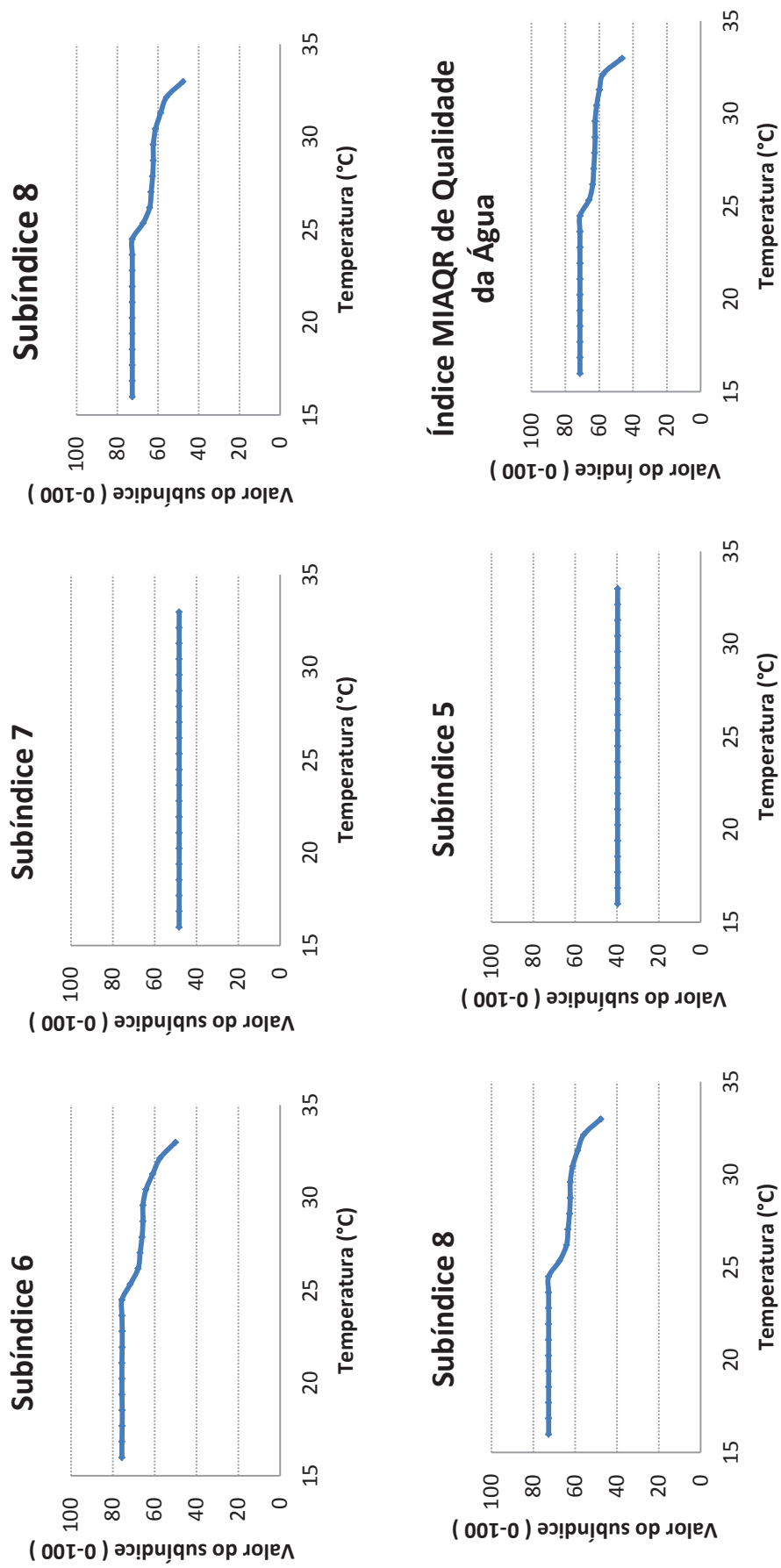


Figura 62. Análise de comportamento do modelo – Variável Temperatura (continuação)

5.2.1.2. Oxigênio Dissolvido

Na tabela a seguir apresenta-se a influência do oxigênio dissolvido nos subíndices 1, 6, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	OD (mg/L)	Subíndice 1	Subíndice 6	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0	8,43	19,52	24,94	25
2	0,4	16,37	23,6	24,94	25
3	0,8	20,61	24,63	24,94	25
4	1,2	23,12	24,93	24,94	25
5	1,6	24,52	25	24,94	25
6	2	24,84	25	24,94	25
7	2,4	30,86	31,87	32,75	34,13
8	2,8	35,3	35,73	36,01	36,31
9	3,2	39,31	38,95	38,6	38,38
10	3,6	43,72	42,74	41,76	40,53
11	4	46,23	45,24	44,12	42,38
12	4,4	52,23	53	51,59	52,61
13	4,8	56,52	57,49	55,99	57,72
14	5,2	60,21	60,66	58,58	59,7
15	5,6	63,99	63,7	60,9	61,22
16	6	71,23	70,24	66,13	65,11
17	6,4	71,63	70,68	66,53	65,37
18	6,8	72,66	71,86	67,65	66,17
19	7,2	74,4	74,13	70,78	69,03
20	7,6	77,15	75,09	72,68	71,36
21	8	86,33	77,43	72,67	71,34

Tabela 16. Influência da variável Oxigênio Dissolvido nos subíndices 1, 6 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

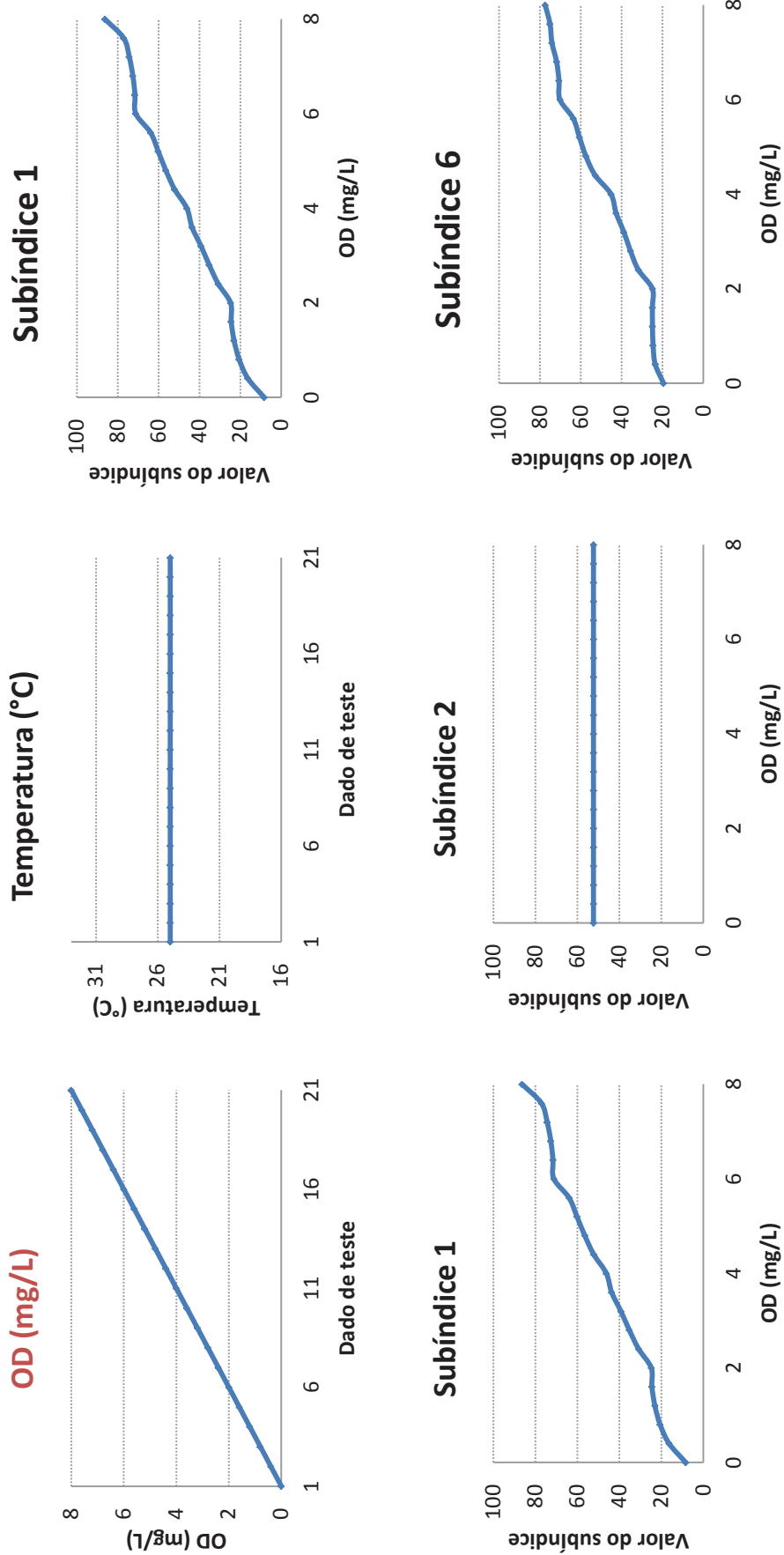


Figura 63. Análise de comportamento – Variável Oxigênio Dissolvido

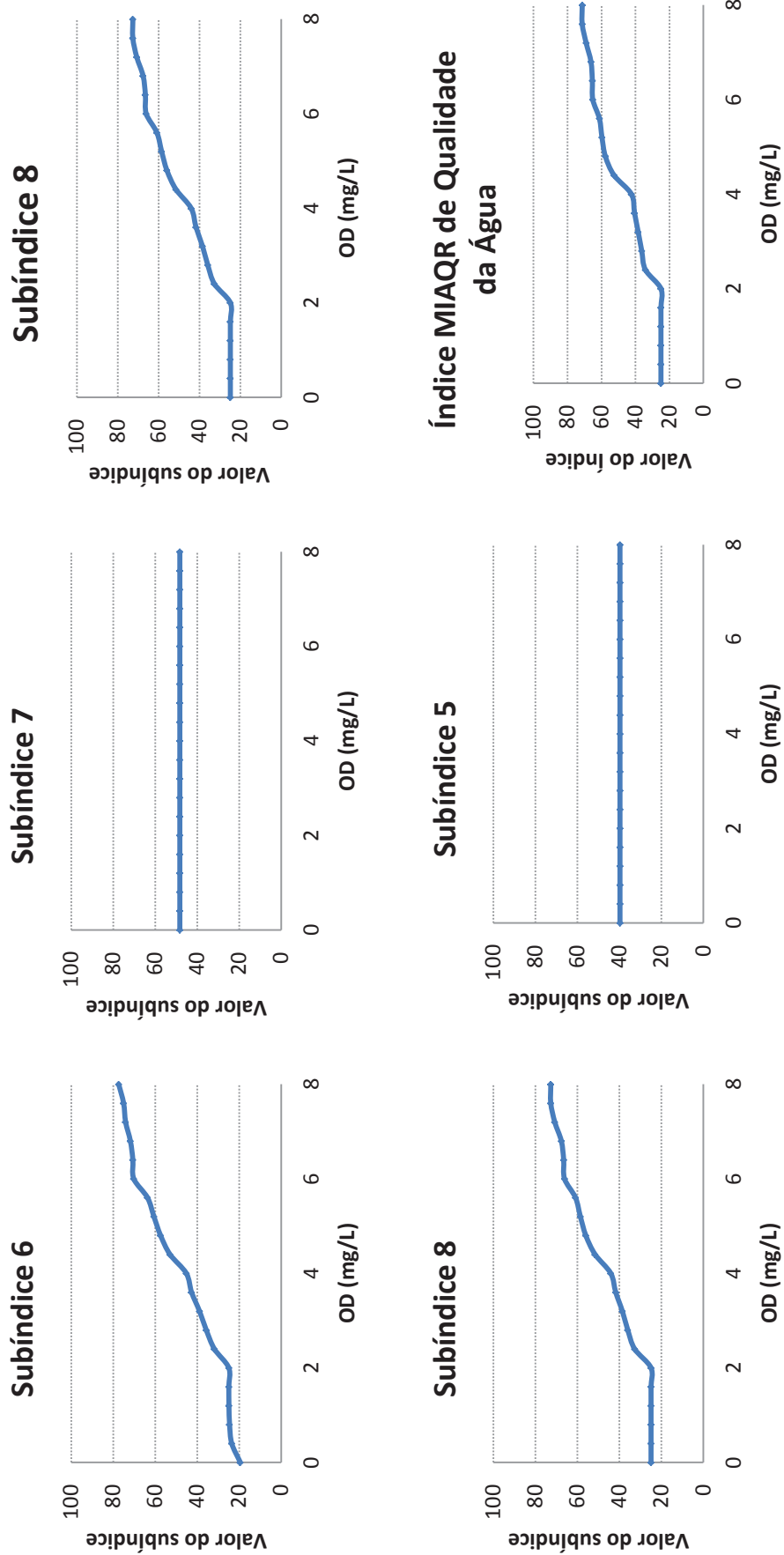


Figura 64. Análise de comportamento – Variável Oxigênio Dissolvido (continuação)

5.2.1.3. pH

Na tabela a seguir apresenta-se a influência do pH nos subíndices 2, 6, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	pH	Subíndice 2	Subíndice 6	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	5	23,43	50,62	48,58	47,65
2	5,15	23,43	50,62	48,58	47,65
3	5,3	23,38	50,62	48,58	47,65
4	5,45	23,38	50,62	48,58	47,65
5	5,6	24,47	50,61	48,58	47,64
6	5,75	25	50,61	48,58	47,64
7	5,9	39,82	64,37	61,41	61,63
8	6,05	46,48	70,52	66,39	65,27
9	6,2	52,81	75	72,68	71,36
10	6,35	58,69	75	72,68	71,36
11	6,5	67,16	75	72,68	71,36
12	6,65	67,16	75	72,68	71,36
13	6,8	66,13	75	72,68	71,36
14	6,95	60,98	75	72,68	71,36
15	7,1	56,66	75	72,68	71,36
16	7,25	50	75	72,68	71,36
17	7,4	43,43	67,48	63,81	63,55
18	7,55	39,52	64,13	61,22	61,48
19	7,7	35,48	60,88	58,76	59,82
20	7,85	31,57	57,53	56,03	57,75
21	8	25	50,61	48,58	47,64

Tabela 17. Influência da variável pH nos subíndices 2, 6 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

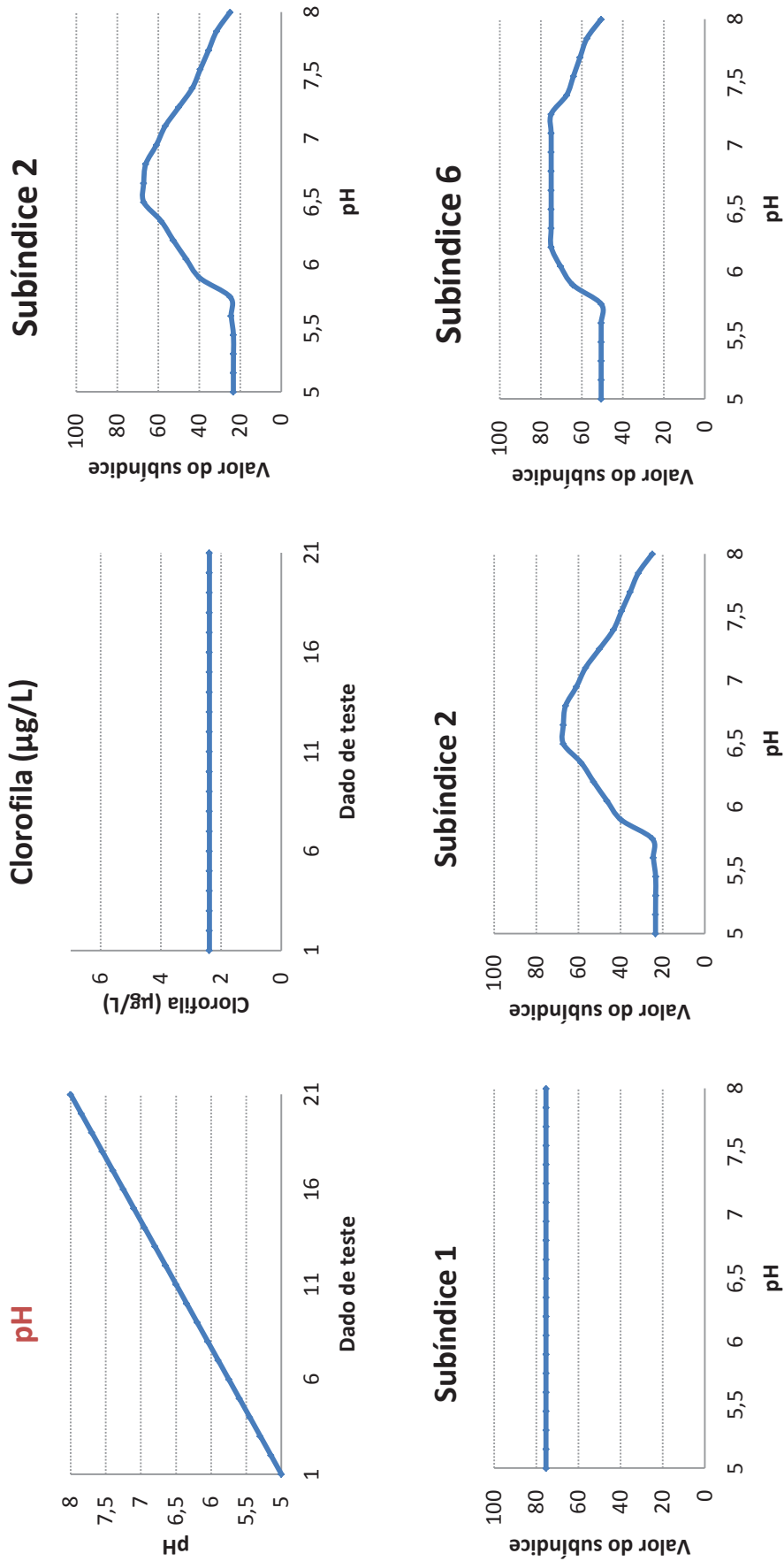


Figura 65. Análise de comportamento – Variável pH

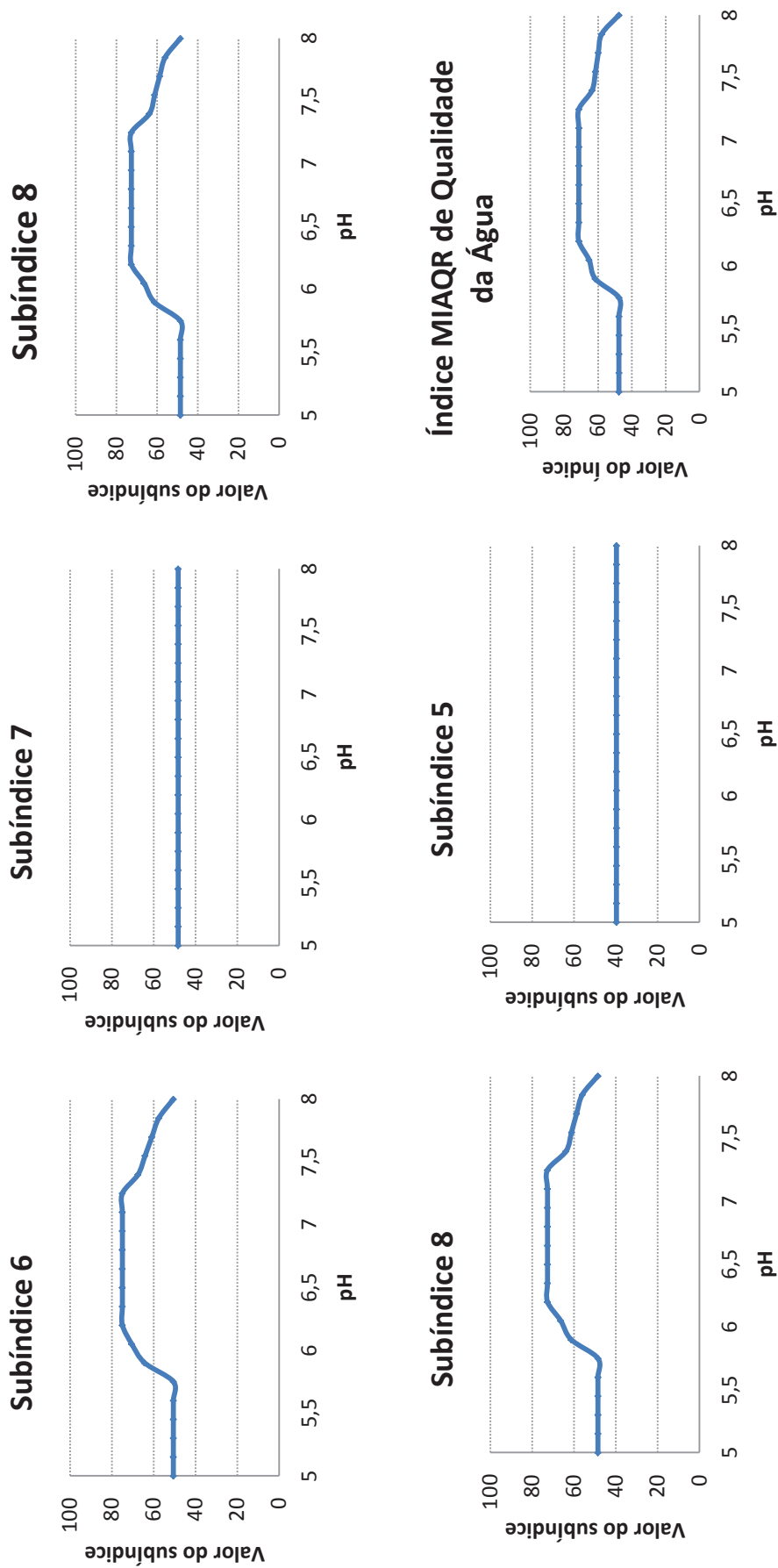


Figura 66. Análise de comportamento – Variável pH (continuação)

5.2.1.4. Clorofila-a

Na tabela a seguir apresenta-se a influência da clorofila-a nos subíndices 2, 6, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Clorofila (µg/L)	Subíndice 2	Subíndice 6	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0	50,43	75	72,68	71,36
2	0,35	50,43	75	72,68	71,36
3	0,7	50,43	75	72,68	71,36
4	1,05	50,43	75	72,68	71,36
5	1,4	50,43	75	72,68	71,36
6	1,75	50,43	75	72,68	71,36
7	2,1	51,94	75	72,68	71,36
8	2,45	52,35	75	72,68	71,36
9	2,8	49,6	74,41	71,38	69,71
10	3,15	45,5	69,48	65,47	64,71
11	3,5	39,24	63,9	61,06	61,34
12	3,85	39,24	63,9	61,06	61,34
13	4,2	39,24	63,9	61,06	61,34
14	4,55	35,58	60,96	58,81	59,85
15	4,9	31,8	57,75	56,22	57,92
16	5,25	25	50,61	48,58	47,64
17	5,6	24,45	50,61	48,58	47,64
18	5,95	23,09	50,62	48,58	47,65
19	6,3	20,71	50,63	48,6	47,68
20	6,65	17,69	50,67	48,66	47,76
21	7	9,34	50,71	48,71	47,85

Tabela 18. Influência da variável Clorofila-a nos subíndices 2, 6 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

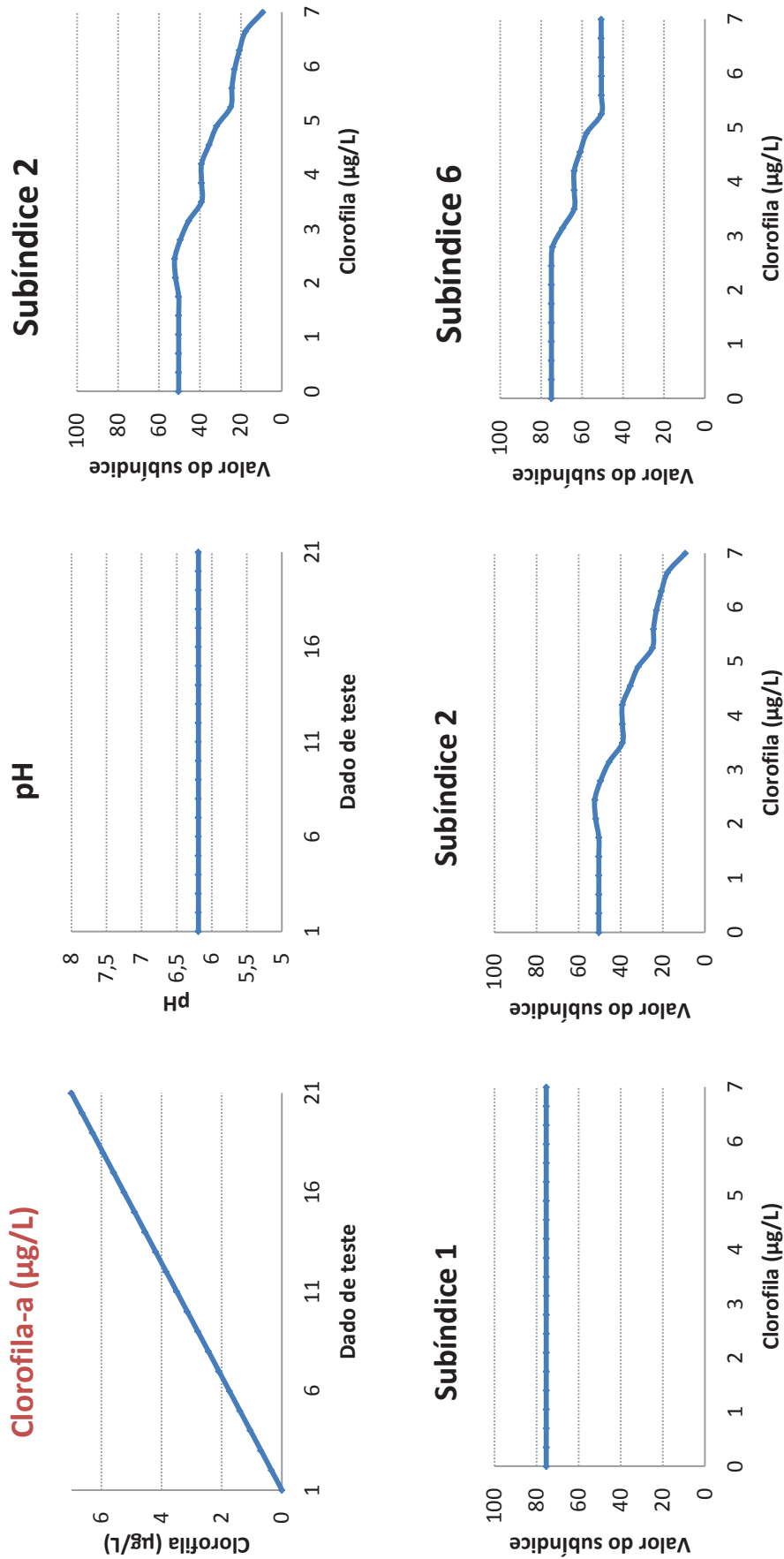


Figura 67. Análise de comportamento – Variável Clorofila-a

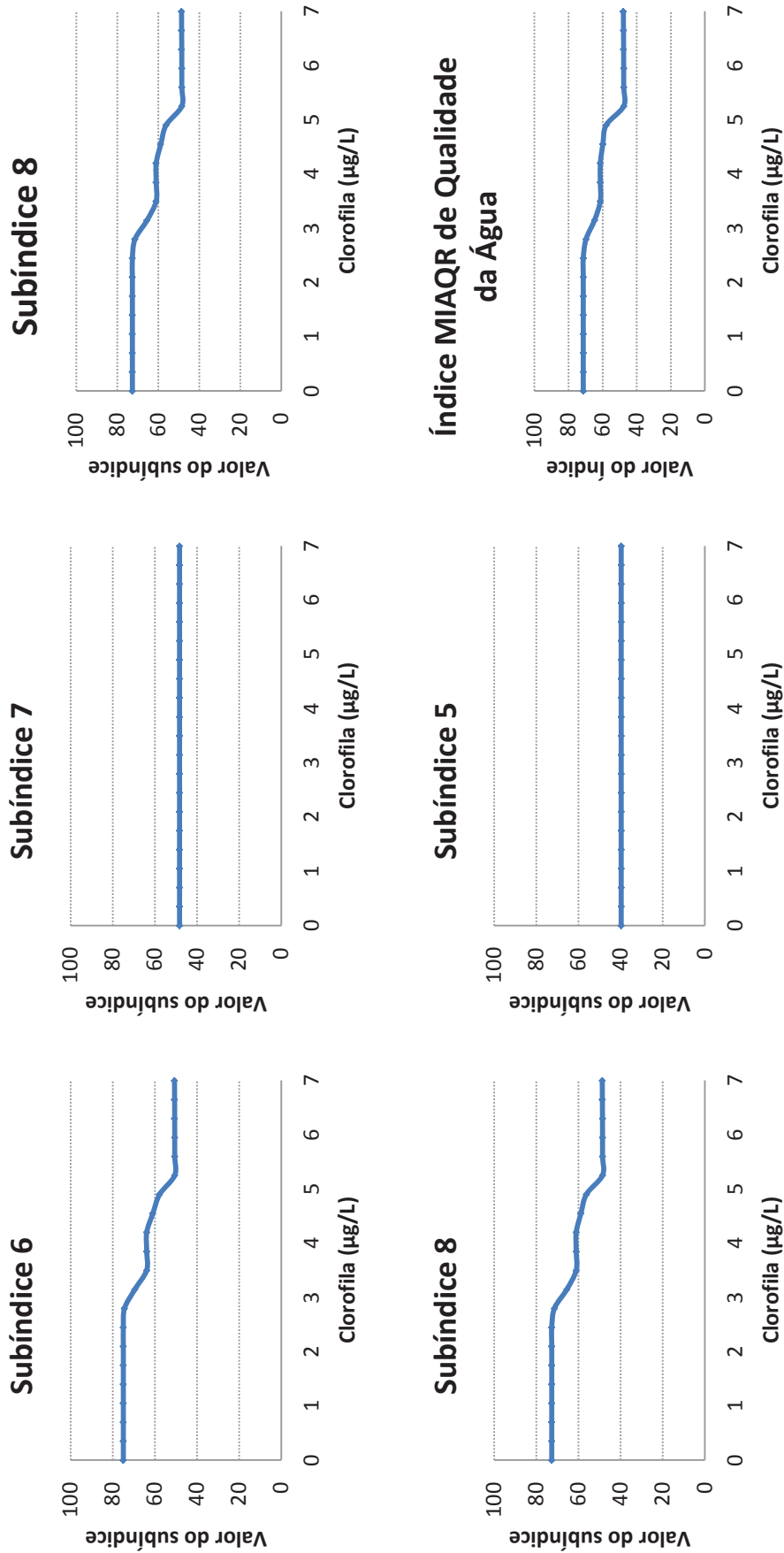


Figura 68. Análise de comportamento – Variável Clorofila-a (continuação)

5.2.1.5.Nitrato

Na tabela a seguir apresenta-se a influência do nitrato nos subíndices 3, 7, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Nitrato (mg/L N)	Subíndice 3	Subíndice 7	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0	77,98	57,72	76,12	75,03
2	0,04	77,98	57,72	76,12	75,03
3	0,08	77,98	57,72	76,12	75,03
4	0,12	77,09	57,6	76,09	75,03
5	0,16	75,61	57,49	76,06	75,03
6	0,2	75	57,48	76,05	75,03
7	0,24	67,63	49,29	73,97	73,25
8	0,28	63,7	46,37	70,39	68,61
9	0,32	61,3	44,78	68,75	67,05
10	0,36	57,37	42,3	66,45	65,32
11	0,4	50	32,48	58,35	59,55
12	0,44	42,63	31,52	57,49	58,94
13	0,48	38,7	30,83	56,84	58,44
14	0,52	36,3	30,27	56,3	57,99
15	0,56	32,37	29,12	55,13	56,92
16	0,6	25	17,91	42	40,69
17	0,64	25	17,91	42	40,69
18	0,68	25	17,91	42	40,69
19	0,72	25	17,91	42	40,69
20	0,76	25	17,91	42	40,69
21	0,8	25	17,91	42	40,69

Tabela 19. Influência da variável Nitrato nos subíndices 3, 7 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

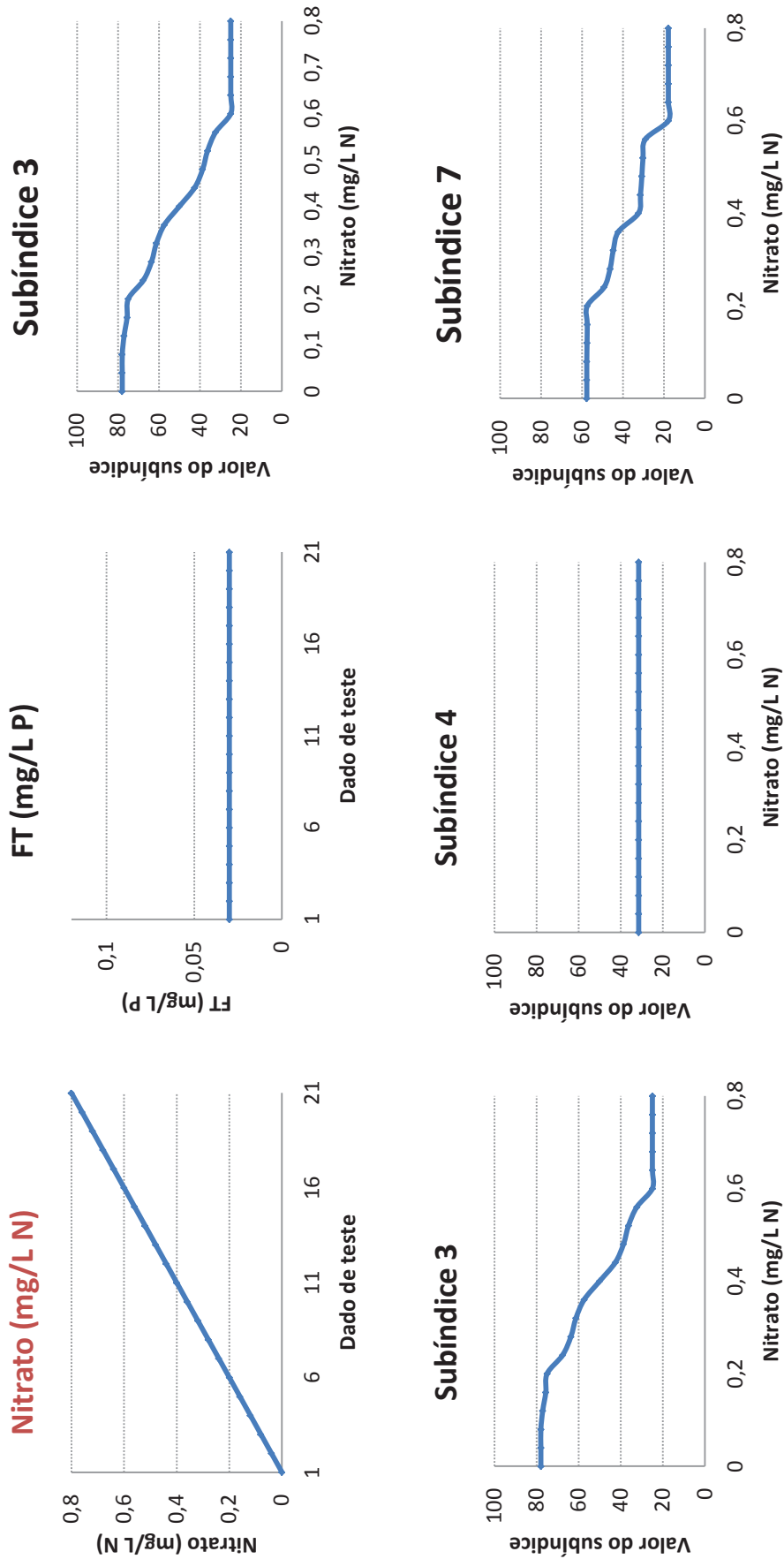


Figura 69. Análise de comportamento – Variável Nitrato

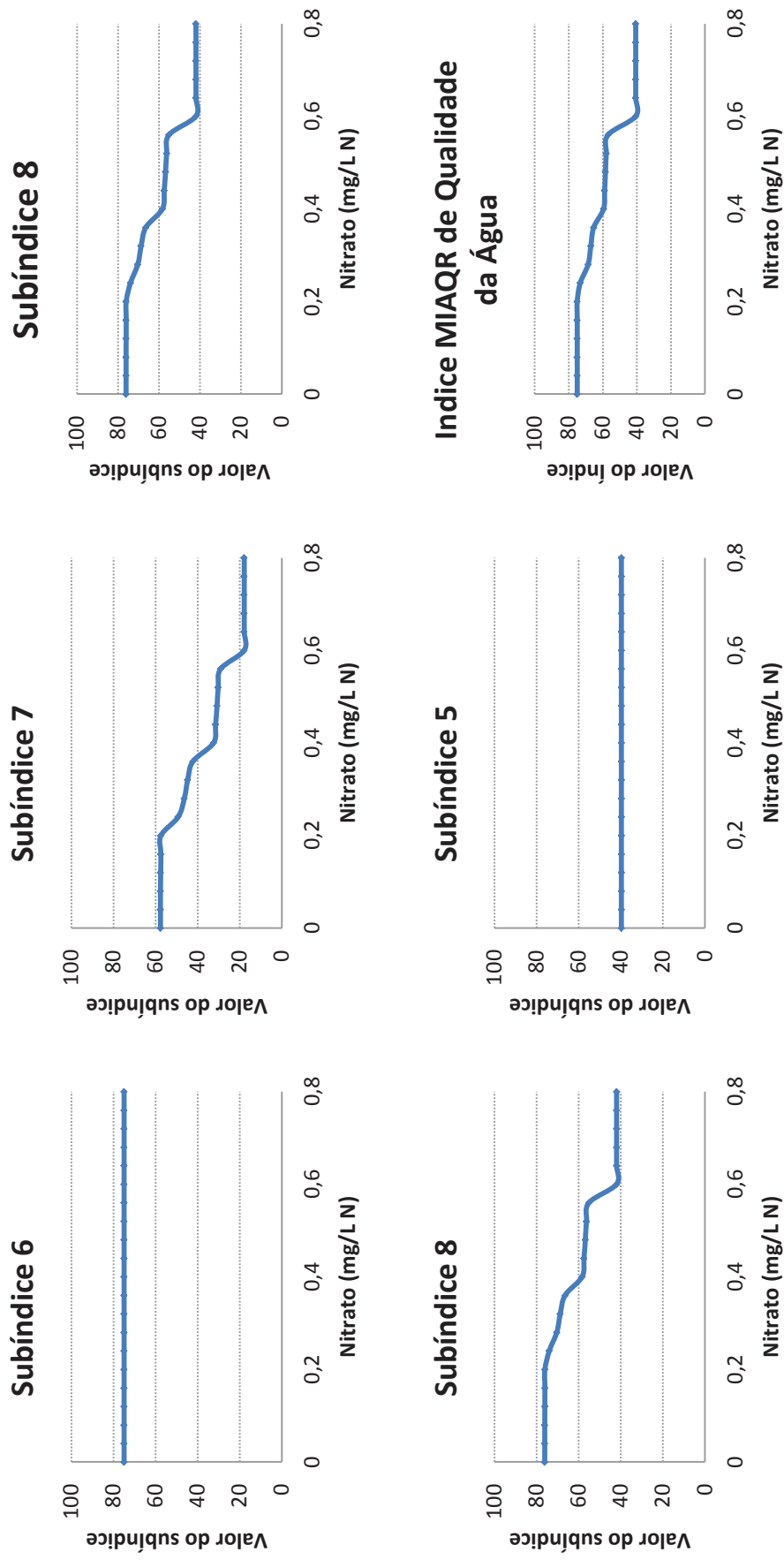


Figura 70. Análise de comportamento – Variável Nitrato (continuação)

5.2.1.6. Fósforo Total

Na tabela a seguir apresenta-se a influência do fósforo total nos subíndices 3, 7, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Fósforo Total (mg/L P)	Subíndice 3	Subíndice 7	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0	82,34	59,31	76,63	75,06
2	0,006	71,12	52,53	75,12	75
3	0,012	69,14	50,57	75,01	75
4	0,018	67,89	49,5	74,27	73,75
5	0,024	67,76	49,39	74,12	73,49
6	0,03	66,41	48,32	72,68	71,36
7	0,036	67,76	49,39	74,12	73,49
8	0,042	63,57	46,28	70,29	68,51
9	0,048	56,31	41,54	65,8	64,91
10	0,054	51,05	34,33	59,93	60,52
11	0,06	42,76	31,54	57,51	58,96
12	0,066	42,41	31,49	57,46	58,92
13	0,072	39,49	30,99	56,99	58,56
14	0,078	29,54	26,37	51,91	53,08
15	0,084	23,93	17,91	42	40,69
16	0,09	24,08	17,91	42	40,69
17	0,096	24,18	17,91	42	40,69
18	0,102	24,24	17,91	42	40,69
19	0,108	24,26	17,91	42	40,69
20	0,114	24,26	17,91	42	40,69
21	0,12	24,26	17,91	42	40,69

Tabela 20. Influência da variável Fósforo Total nos subíndices 3, 7 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

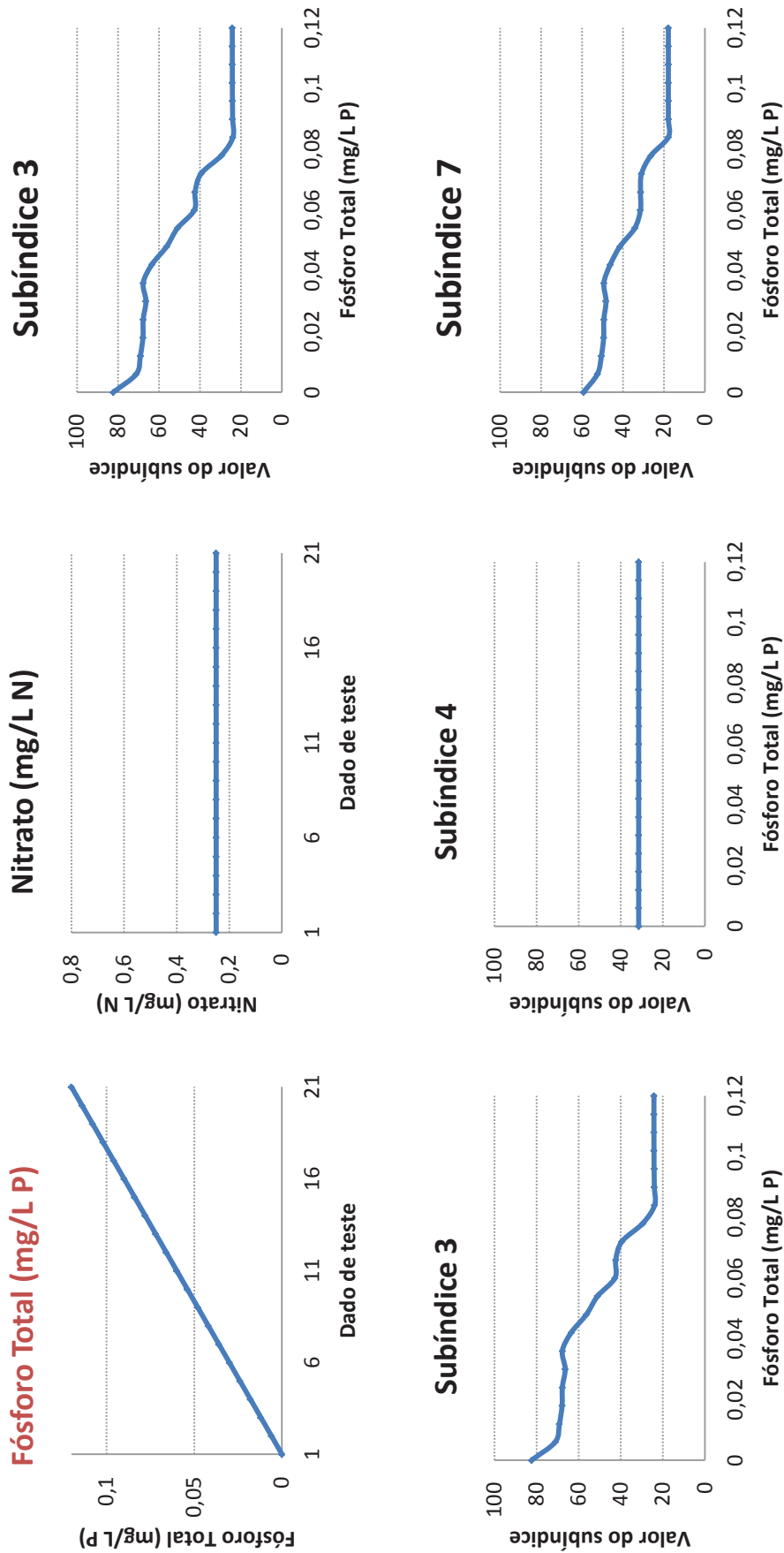


Figura 71. Análise de comportamento – Variável Fósforo Total

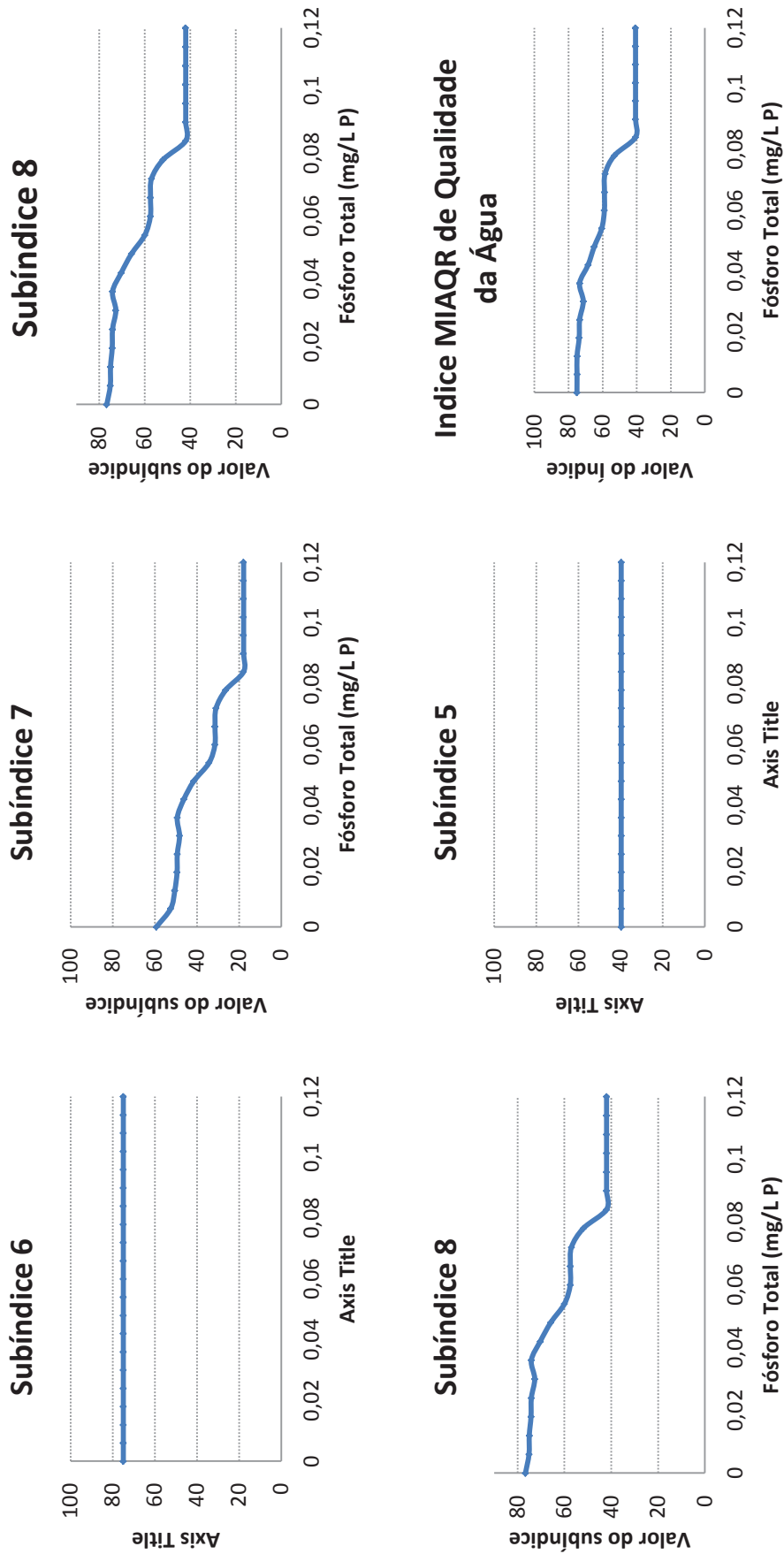


Figura 72. Análise de comportamento – Variável Fósforo Total (continuação)

5.2.1.7. Nitrito

Na tabela a seguir apresenta-se a influência do nitrito nos subíndices 4, 7, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Nitrito (mg/L N)	Subíndice 4	Subíndice 7	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0	60,48	67,42	81,15	75,81
2	0,002	60,48	67,42	81,15	75,81
3	0,003	60,48	67,42	81,15	75,81
4	0,005	60,48	67,42	81,15	75,81
5	0,006	60,48	67,42	81,15	75,81
6	0,008	60,48	67,42	81,15	75,81
7	0,009	54,17	66,06	80,1	75,57
8	0,011	50	65,69	79,85	75,52
9	0,012	46,95	61,01	77,29	75,12
10	0,014	42,36	55,84	75,65	75,01
11	0,015	35,48	51,33	75,03	75
12	0,017	34,95	50,97	75,02	75
13	0,018	33,54	49,96	74,94	74,88
14	0,02	32,7	49,32	74,01	73,32
15	0,021	28,33	45,12	69,08	67,34
16	0,023	20,61	40,69	65,08	64,49
17	0,024	20,61	40,69	65,08	64,49
18	0,026	20,61	40,69	65,08	64,49
19	0,027	20,61	40,69	65,08	64,49
20	0,029	20,61	40,69	65,08	64,49
21	0,03	20,61	40,69	65,08	64,49

Tabela 21. Influência da variável Nitrito nos subíndices 4, 7 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

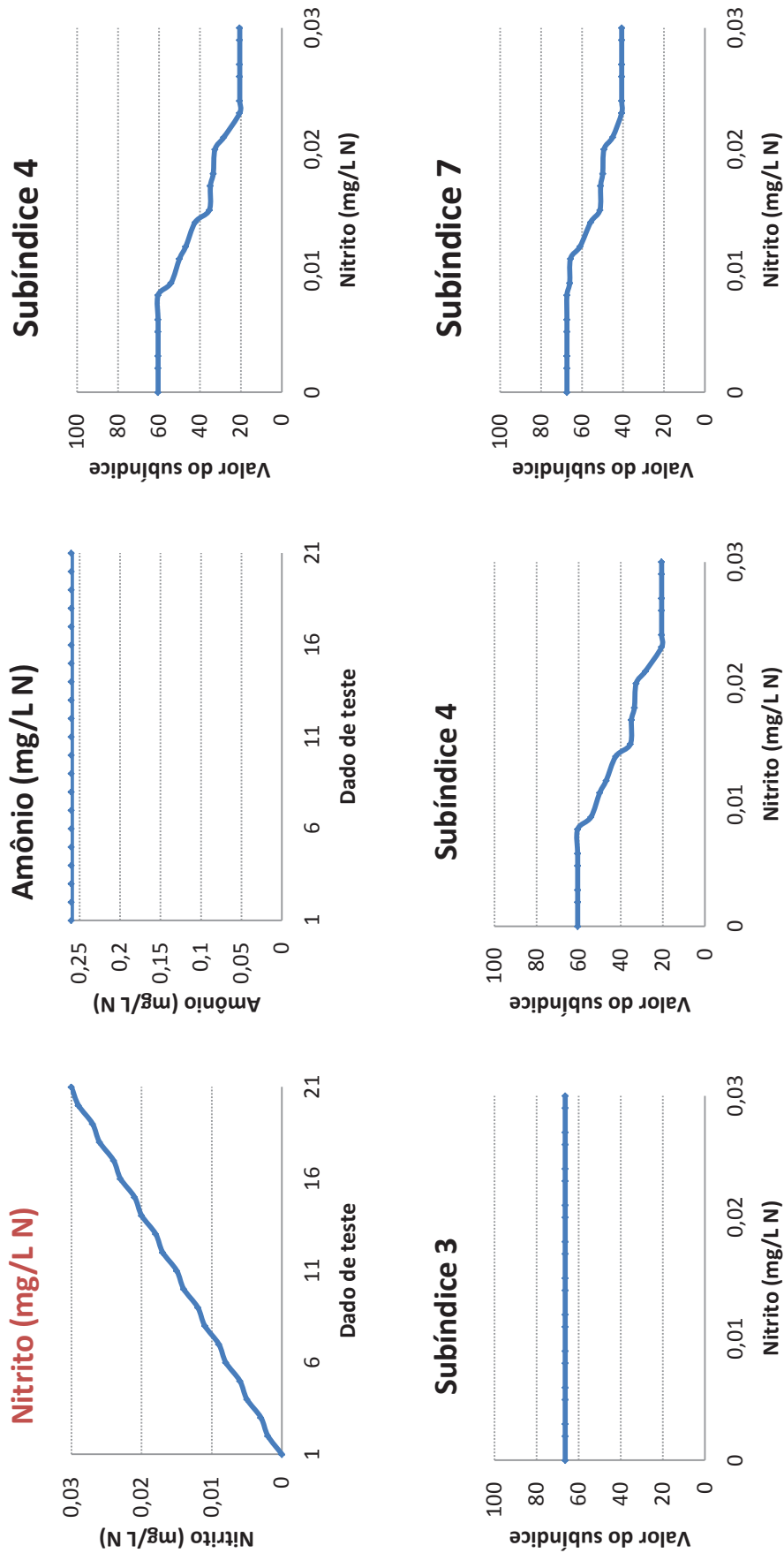


Figura 73. Análise de comportamento – Variável Nitrito

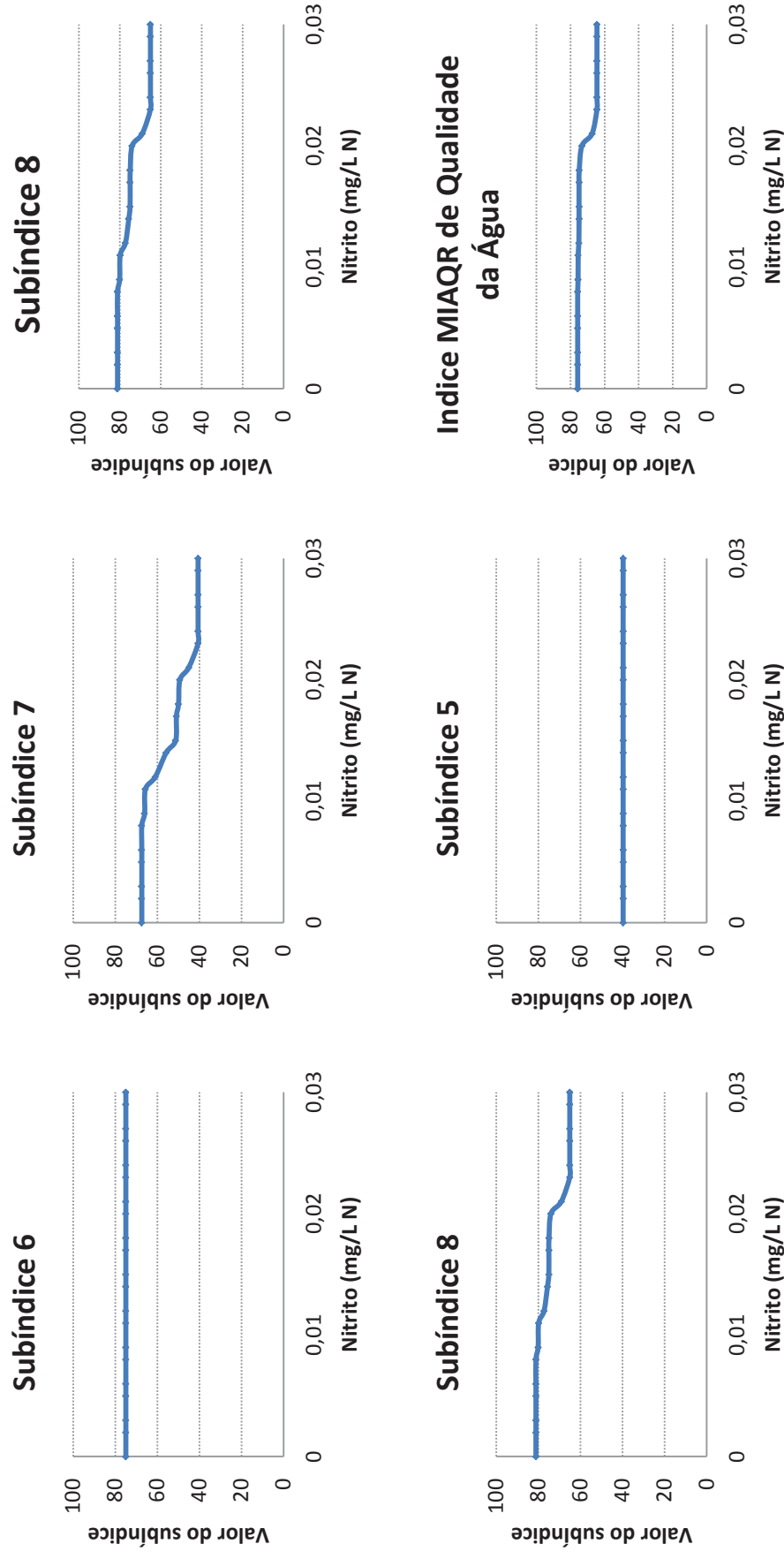


Figura 74. Análise de comportamento – Variável Nitrito (continuação)

5.2.1.8. Amônio

Na tabela a seguir apresenta-se a influência do amônio nos subíndices 4, 7, 8 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Amônio (mg/L N)	Subíndice 4	Subíndice 7	Subíndice 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0	59,09	67,2	80,98	75,76
2	0,02	52,89	65,87	79,97	75,54
3	0,04	48,8	63,7	78,61	75,3
4	0,06	45,62	59,31	76,63	75,06
5	0,08	41,25	54,89	75,46	75
6	0,1	34,09	50,36	75	75
7	0,12	34,09	50,36	75	75
8	0,14	34,47	50,63	75,01	75
9	0,16	34,47	50,63	75,01	75
10	0,18	34,09	50,36	75	75
11	0,2	34,09	50,36	75	75
12	0,22	33,57	49,98	74,97	74,95
13	0,24	32,48	49,14	73,77	72,93
14	0,26	31,51	48,32	72,68	71,36
15	0,28	27,74	44,42	68,39	66,75
16	0,3	19,44	40,69	65,08	64,49
17	0,32	19,44	40,69	65,08	64,49
18	0,34	19,93	40,69	65,08	64,49
19	0,36	19,93	40,69	65,08	64,49
20	0,38	17,09	40,69	65,08	64,49
21	0,4	9,03	40,59	65,01	64,45

Tabela 22. Influência da variável Amônio nos subíndices 4, 7 e 8, e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

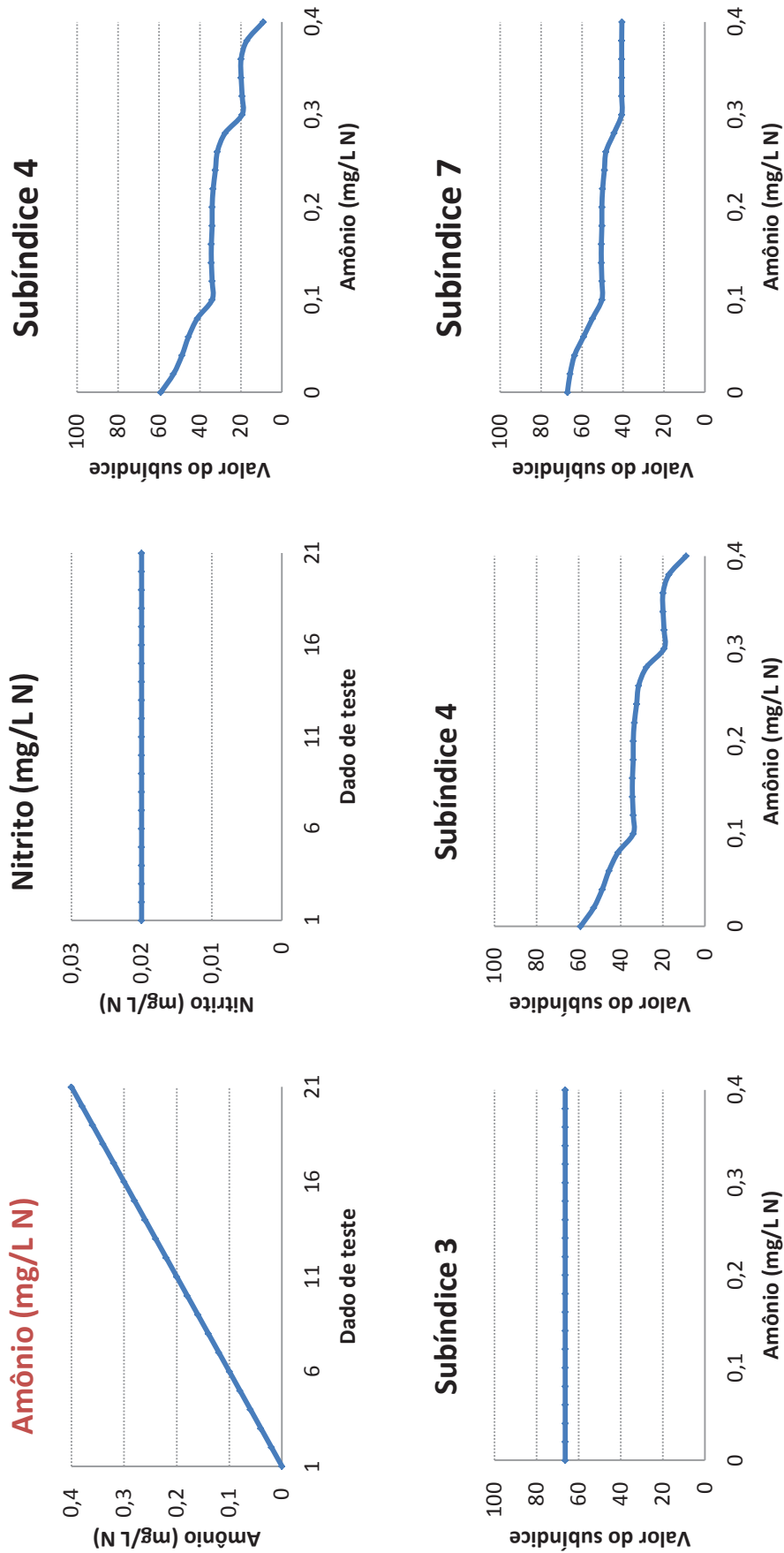


Figura 75. Análise de comportamento – Variável Amônio

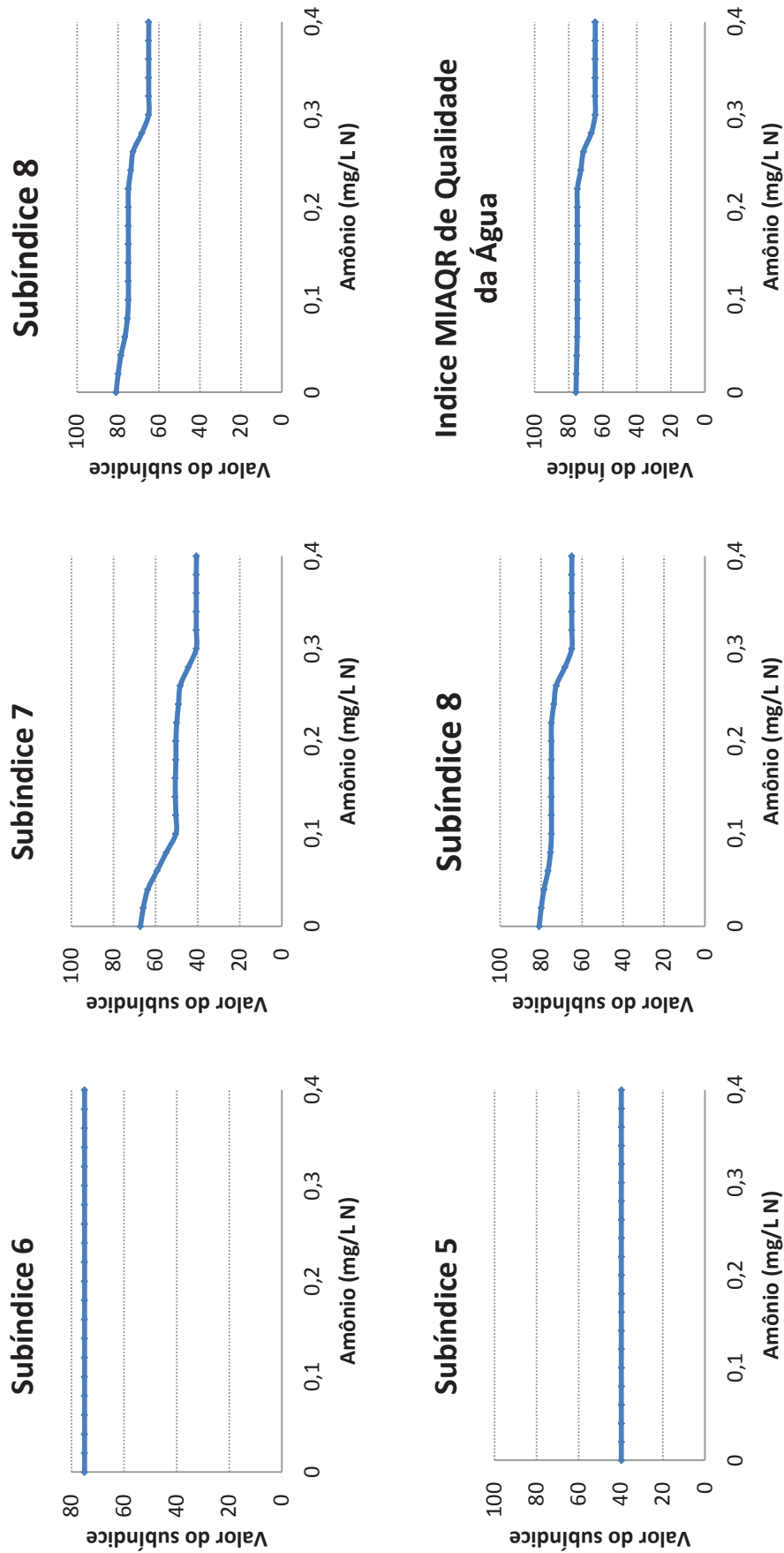


Figura 76. Análise de comportamento – Variável Amônio (continuação)

5.2.1.9. Condutividade Elétrica

Na tabela a seguir apresenta-se a influência da condutividade elétrica no subíndice 5 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Subíndice 5	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	20	76,28	71,9
2	20,75	76,28	71,9
3	21,5	76,36	71,9
4	22,25	76,28	71,9
5	23	69,95	71,8
6	23,75	63,95	71,25
7	24,5	59,66	71,43
8	25,25	55,6	71,77
9	26	48,74	71,9
10	26,75	43,83	71,74
11	27,5	34,03	71,5
12	28,25	33,89	71,52
13	29	35,66	71,3
14	29,75	28,99	71,85
15	30,5	21,97	71,88
16	31,25	20,8	71,84
17	32	19,89	71,8
18	32,75	19,39	71,77
19	33,5	19,39	71,77
20	34,25	19,39	71,77
21	35	19,39	71,77

Tabela 23. Influência da variável Condutividade nos subíndice 5 e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

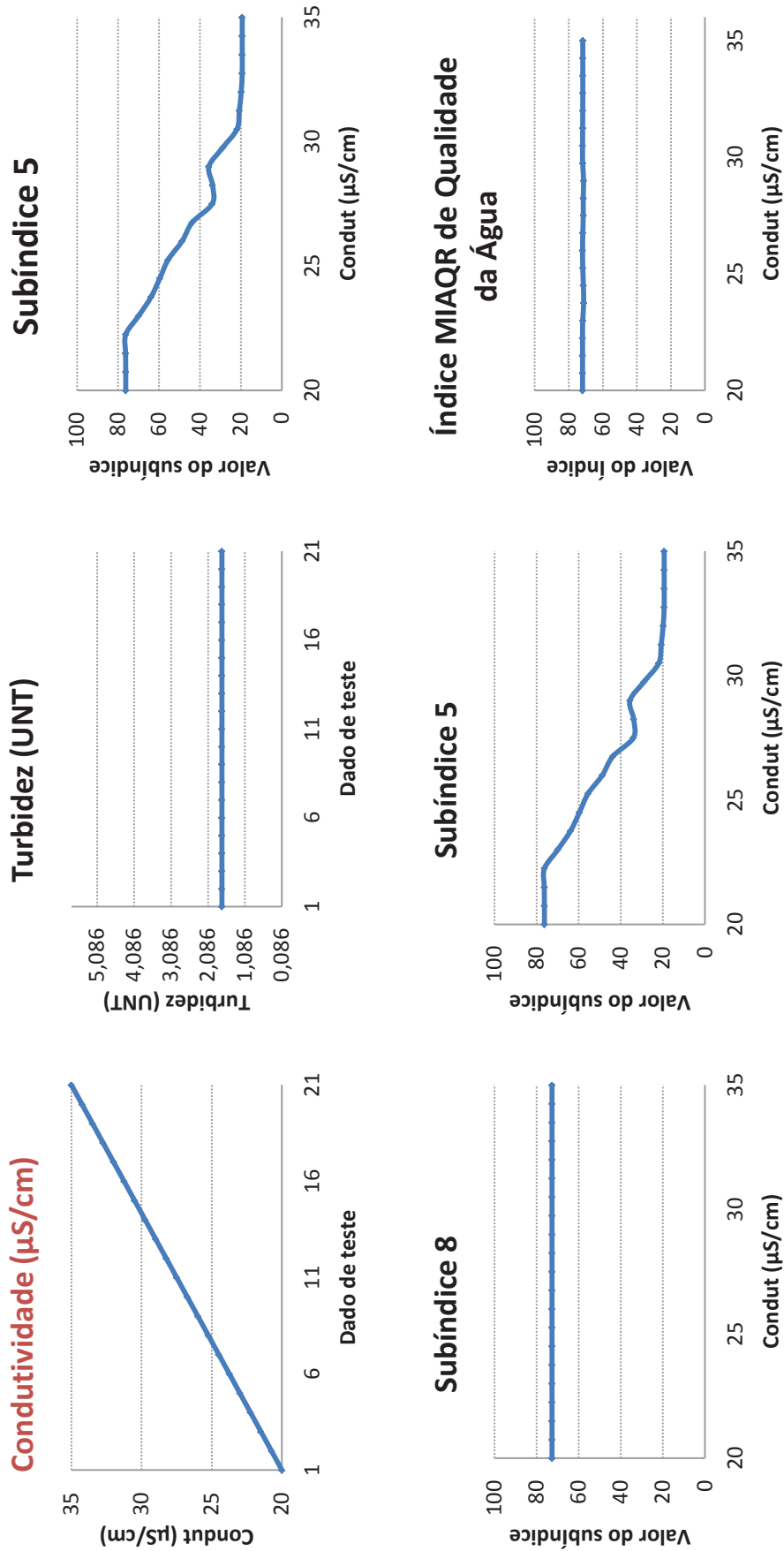


Figura 77. Análise de comportamento – Variável Condutividade

5.2.1.10. Turbidez

Na tabela a seguir apresenta-se a influência da turbidez no subíndice 5 e no índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água.

Dado de teste	Turbidez (UNT)	Subíndice 5	Índice MIAQR de Qualidade da Água
1	0,086	54,79	71,81
2	0,371	55,07	71,8
3	0,655	55,52	71,78
4	0,94	54,79	71,81
5	1	49,54	71,9
6	1,51	43,38	71,71
7	1,794	38,17	71,13
8	2,079	29,78	71,81
9	2,364	29,8	71,81
10	2,648	30,24	71,79
11	2,933	22,58	71,89
12	3,218	16,02	71,51
13	3,502	15,15	71,41
14	3,787	14,93	71,38
15	4,072	14,93	71,38
16	4,357	15,29	71,43
17	4,641	16,23	71,53
18	4,926	16,74	71,58
19	5,211	15,61	71,46
20	5,495	14,92	71,38
21	5,78	8,5	71,55

Tabela 24. Influência da variável Turbidez nos subíndice 5 e no índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

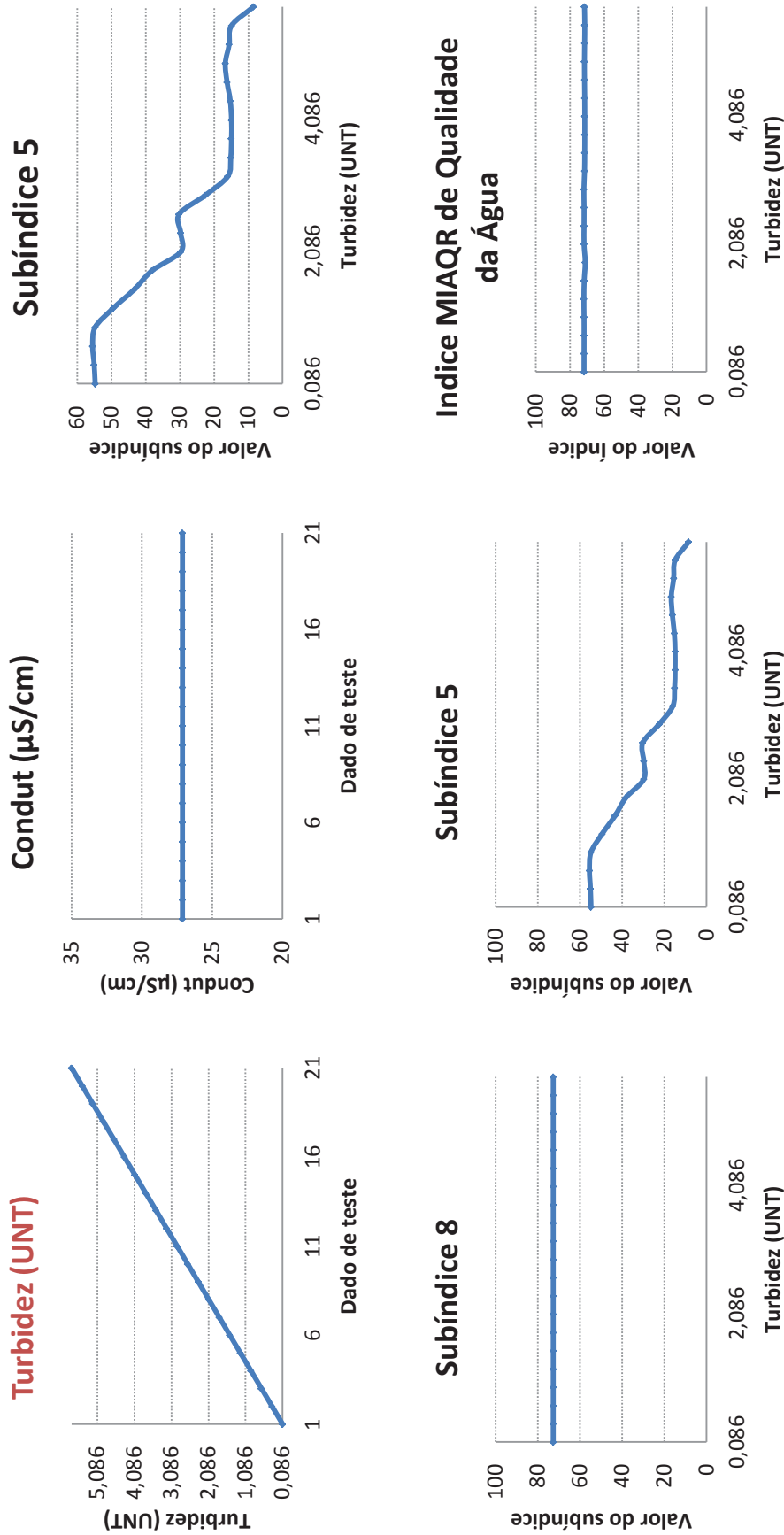


Figura 78. Análise de comportamento – Variável Turbidez

5.2.2. Teste do Índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água utilizando dados reais

Neste teste, diferentemente dos anteriores, foram utilizados dados de coleta reais no lugar de dados simulados. Devido à falta de dados de coleta a baixas profundidades, o índice foi avaliado na superfície do reservatório. Para o teste foram utilizados unicamente os dados de coleta superficiais do reservatório referentes ao ano 2009 nos locais de amostragem L1, L2, L3, L4 e L5.

Uma análise detalhada do comportamento dos subíndices e índice final foi realizada nos locais L1 e L5. Para os locais L2, L3 e L4 apresentam-se somente os resultados do índice final.

Como a variável turbidez foi incluída nas bases de dados só até o ano 2011, turbidez é o um valor simulado no teste. A avaliação foi realizada com um valor de turbidez igual à média dos dados coletados no ano 2011.

Os resultados do comportamento dos subíndices e índice final para os locais L1 e L5 são apresentados nas tabelas e figuras a seguir.

Os resultados finais do índice para os locais L2, L3 e L4 são apresentados ao final da seção nas tabelas 29, 39, 31, e na Figura 97.

A discussão dos resultados do teste será apresenta no subcapítulo 5.4.

L1	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	Clorofila (µg/L)	Nitrato (mg/L N)	FT (mg/L P)	Nitrito (mg/L N)	Amônio (mg/LN)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (UNT)
	jan	22,60	7,36	6,56	7,40	0,3917	0,1587	0,1054	22,60	5,13
	fev	30,90	7,87	5,85	2,22	0,6167	0,0397	0,0308	30,90	5,13
	mar	22,40	6,85	5,97	4,50	0,2672	0,0423	0,0325	22,40	5,13
	abr	20,10	4,90	6,04	4,50	0,3354	0,0293	0,0148	20,10	5,13
	mai	19,00	9,74	5,57	5,10	0,2963	0,0372	0,0249	23,30	5,13
	jun	16,60	7,57	5,99	2,30	0,3264	0,0228	0,0326	23,40	5,13
2009	jul	19,10	9,47	6,00	2,10	0,1392	0,0386	0,0221	26,50	5,13
	ago	19,10	8,82	6,09	2,30	0,2251	0,0632	0,0268	29,70	5,13
	set	21,00	7,81	6,24	3,50	0,2452	0,0432	0,0295	28,10	5,13
	out	22,00	7,58	6,30	2,20	0,436	0,0392	0,0035	24,10	5,13
	nov	23,80	7,75	5,80	1,30	0,4792	0,0635	0,0045	25,30	5,13
	dez	21,80	7,37	5,50	1,80	0,6786	0,0569	0,0234	21,80	5,13

Tabela 25. Indicadores Físicos e Químicos, ponto de coleta L1, ano 2009

L1	SI 1	SI 2	SI 3	SI 4	SI 5	SI 6	SI 7	SI 8	Índice MIAQR de Qualidade da Água
	jan	79,79	8,38	10,54	50,00	19,68	56,24	20,95	31,89
	fev	62,38	35,67	25,00	8,33	9,94	61,62	9,03	32,37
	mar	77,31	33,94	61,39	25,00	19,68	59,74	36,61	47,69
	abr	61,50	35,50	59,77	50,97	19,68	61,21	60,32	63,71
	mai	91,08	24,32	62,87	9,95	19,68	65,41	37,80	52,07
	jun	83,22	43,81	59,82	8,33	19,78	68,87	35,34	53,31
2009	jul	91,16	43,22	75,07	12,15	20,07	70,15	50,13	69,12
	ago	91,16	47,86	45,84	19,98	10,77	76,11	24,66	49,50
	set	86,93	40,63	61,88	9,09	9,07	67,14	37,00	52,92
	out	82,15	58,42	44,47	25,00	19,78	76,00	24,42	49,15
	nov	85,86	29,06	23,15	25,00	19,68	61,58	8,38	31,89
	dez	80,63	24,99	16,31	8,44	19,68	56,65	9,08	29,80

Tabela 26. Resultados dos subíndices e índice final, ponto de coleta L1, ano 2009

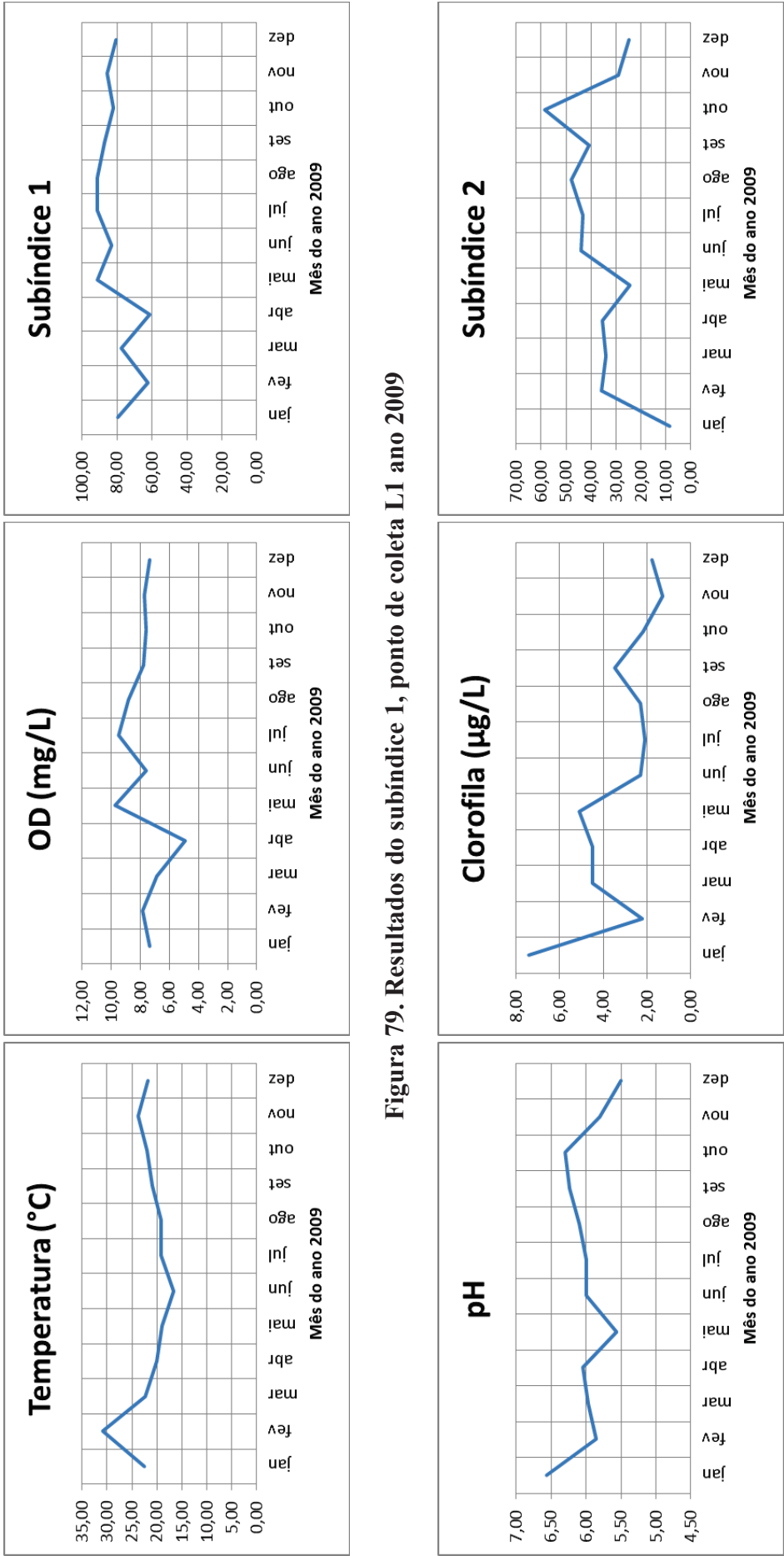


Figura 79. Resultados do subíndice 1, ponto de coleta L1 ano 2009

Figura 80. Resultados do subíndice 2, ponto de coleta L1, ano 2009

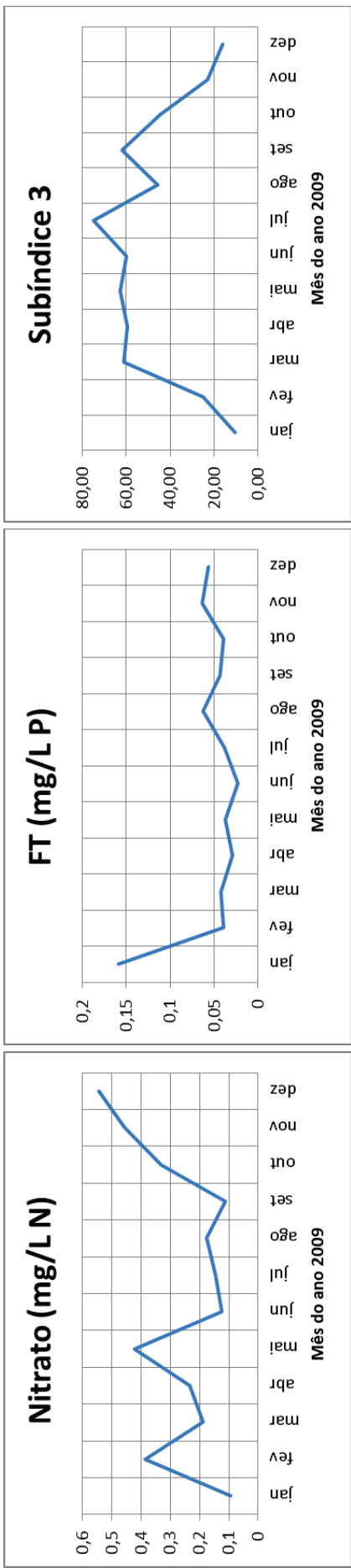


Figura 81. Resultados do subíndice 3, ponto de coleta L1 ano 2009

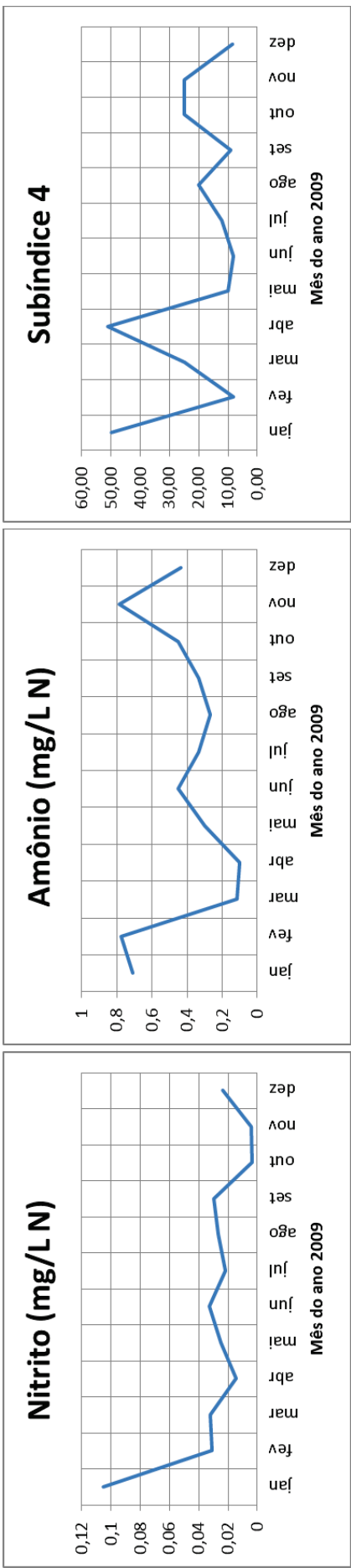
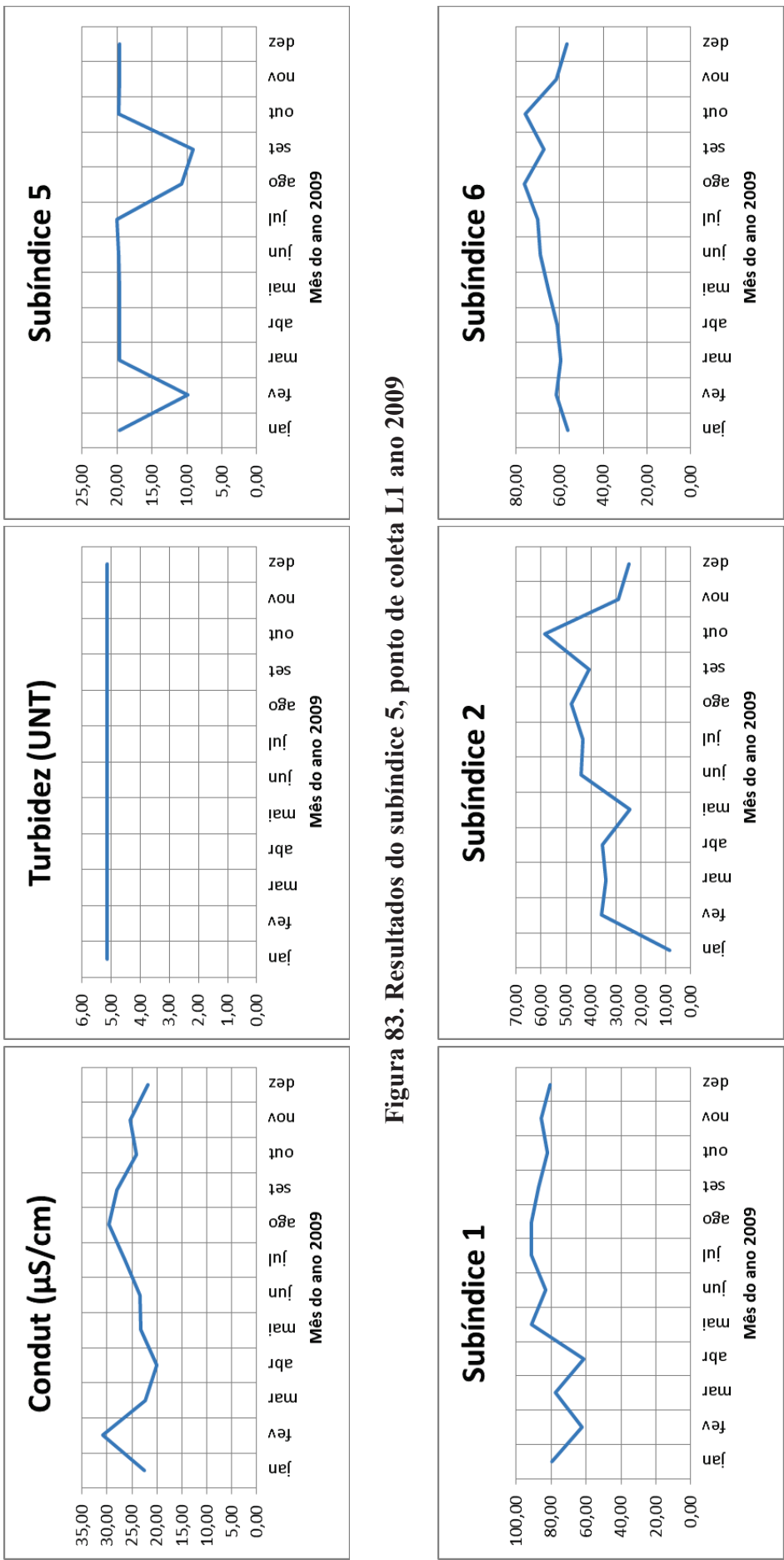


Figura 82. Resultados do subíndice 4, ponto de coleta L1, ano 2009



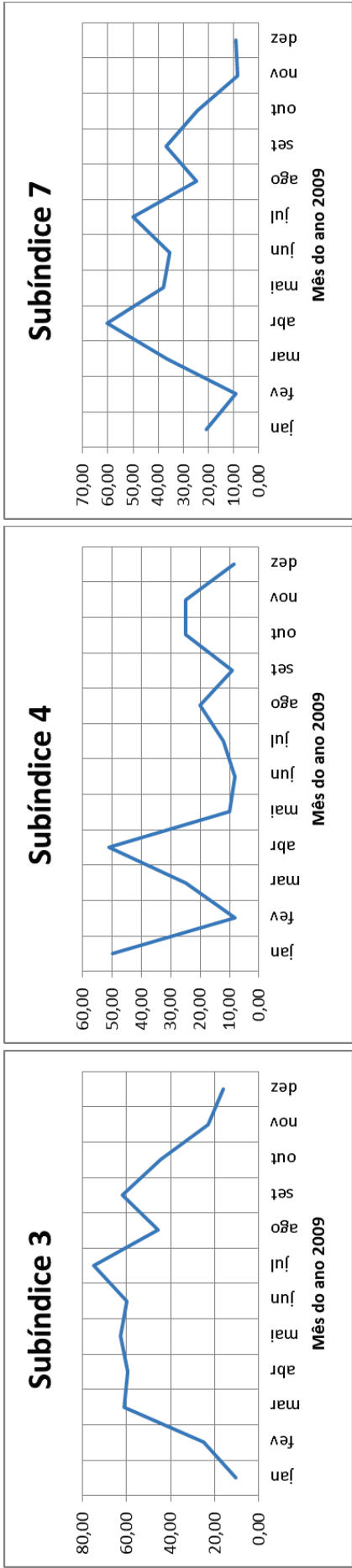


Figura 85. Resultados do subíndice 7, ponto de coleta L1 ano 2009

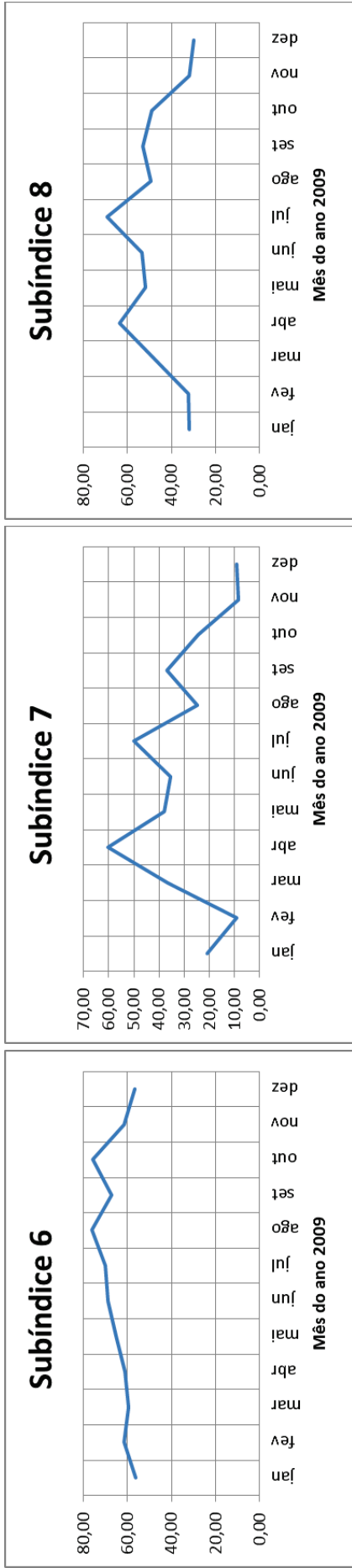


Figura 86. Resultados do subíndice 8, ponto de coleta L1, ano 2009

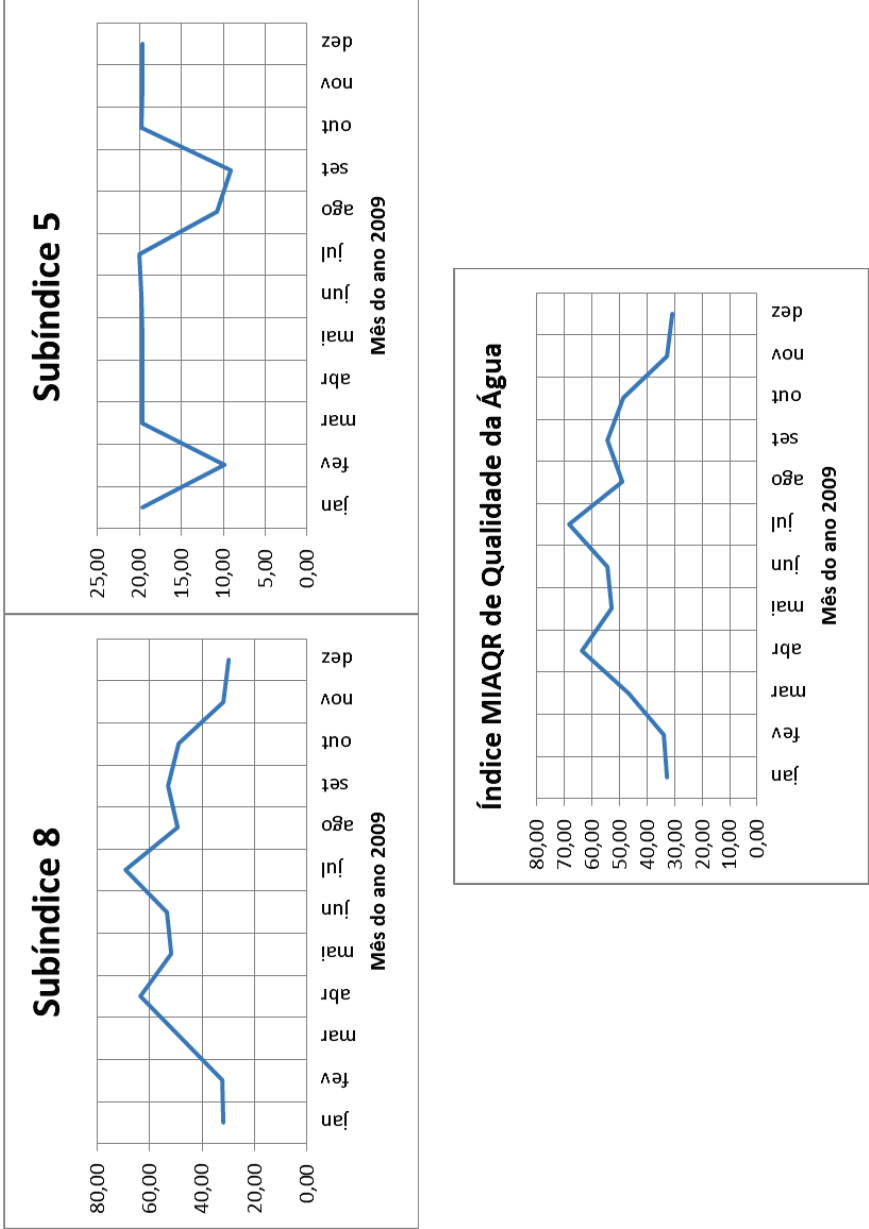


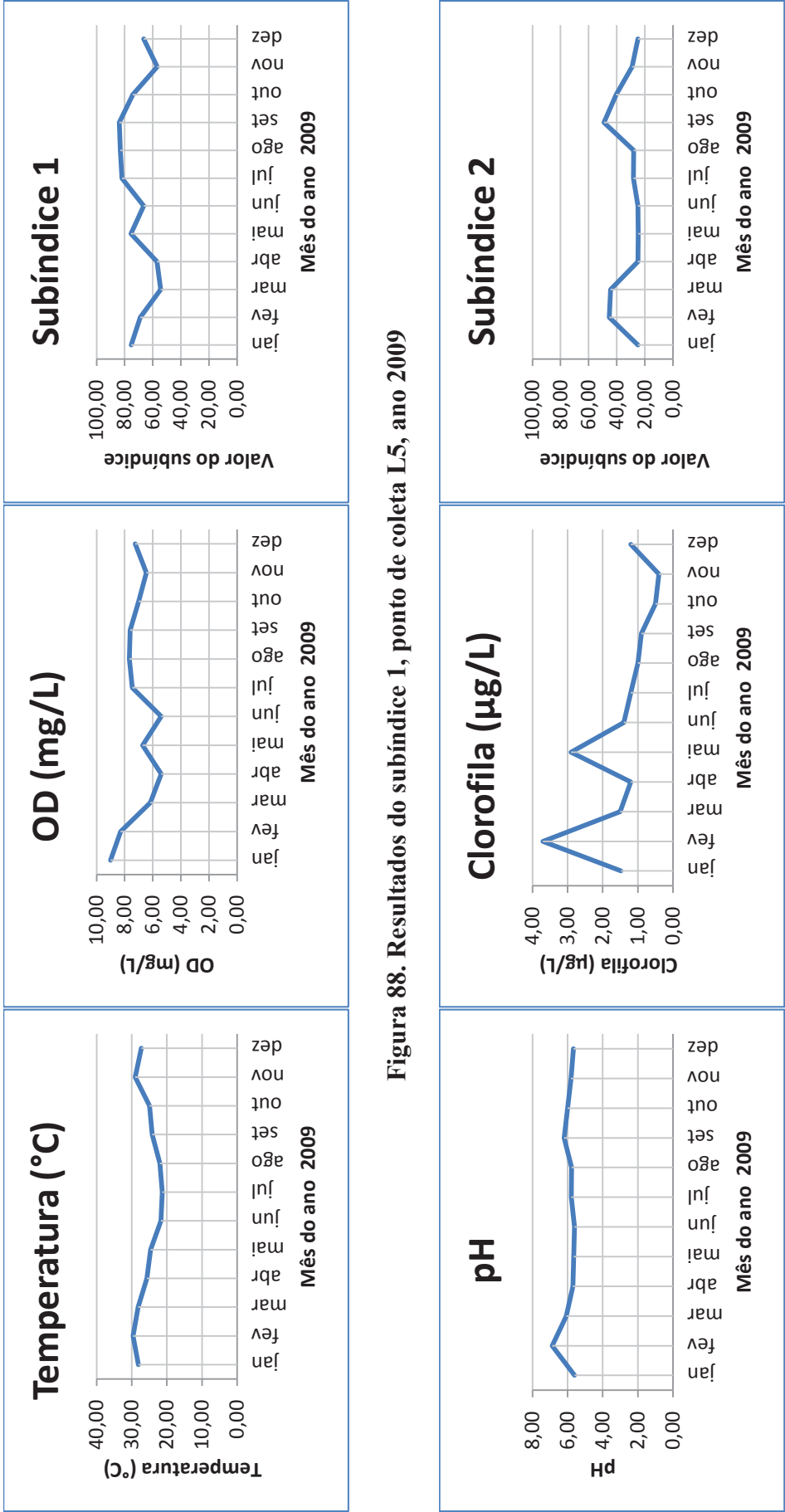
Figura 87. Resultados do Índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água, ponto de coleta L1, ano 2009

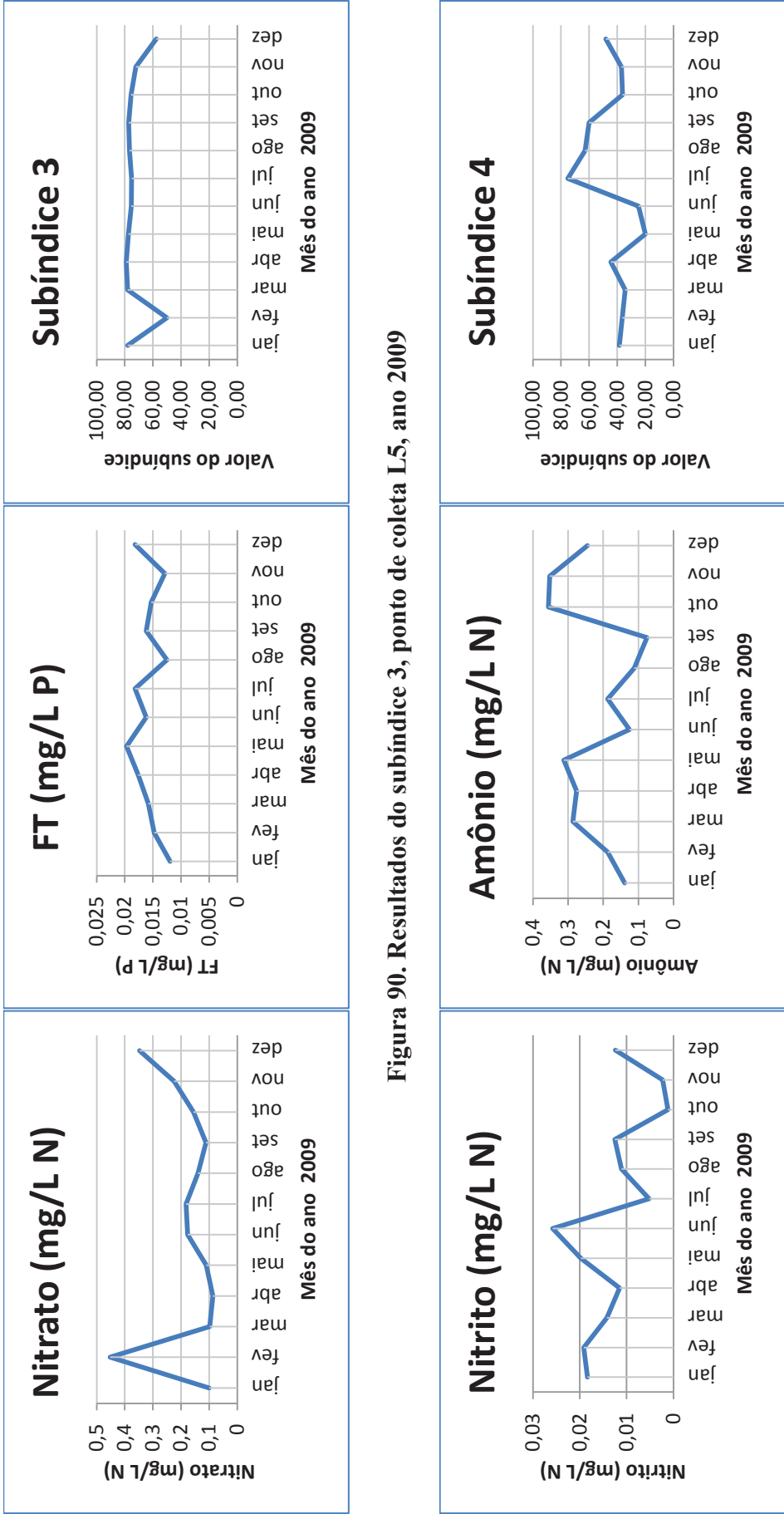
L5	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	Clorofila (µg/L)	Nitrato (mg/L N)	FT (mg/L P)	Nitrito (mg/L N)	Amônio (mg/L N)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (UNT)
jan	28,10	9,02	5,60	1,48	0,1	0,0119	0,0183	0,13916	28,10	1,13
fev	29,60	8,30	6,87	3,70	0,4525	0,0147	0,0191	0,1875	29,60	1,13
mar	28,20	6,17	6,08	1,50	0,0983	0,0158	0,0142	0,2863	28,20	1,13
abr	25,70	5,40	5,70	1,20	0,0865	0,0176	0,0115	0,276	25,70	1,13
mai	24,60	6,73	5,65	2,90	0,1104	0,0197	0,0198	0,312	27,10	1,13
jun	21,70	5,41	5,60	1,40	0,1763	0,0162	0,0258	0,1256	27,90	1,13
2009 jul	21,30	7,47	5,79	1,20	0,1823	0,0182	0,0052	0,1872	28,30	1,13
ago	22,00	7,66	5,78	1,00	0,1396	0,0125	0,0111	0,112	27,70	1,13
set	24,20	7,62	6,19	0,90	0,111	0,0162	0,0125	0,0752	28,10	1,13
out	24,90	7,00	6,00	0,50	0,1562	0,0153	0,00121	0,356	27,50	1,13
nov	29,00	6,46	5,80	0,40	0,2247	0,0129	0,0023	0,352	27,60	1,13
dez	27,30	7,26	5,67	1,20	0,348	0,0182	0,0124	0,245	26,60	1,13

Tabela 27. Indicadores Físicos e Químicos, ponto de coleta L5, ano 2009

L5	SI1	SI2	SI3	SI4	SI5	SI6	SI7	SI8	Índice MIAQR de Qualidade da Água	
jan	75,28	25,00	77,98	38,61	47,03	50,41	63,59	63,38	63,20	
fev	68,97	45,27	49,96	36,39	33,72	67,96	36,61	53,37	54,76	
mar	54,32	44,40	78,08	34,33	46,54	55,44	60,17	61,33	61,56	
abr	57,06	25,00	78,89	44,52	64,04	50,00	68,80	67,81	66,10	
mai	75,61	24,76	77,37	19,93	52,52	50,89	53,27	54,24	55,26	
jun	66,57	25,00	75,43	25,00	47,41	50,00	50,63	50,92	51,32	
2009 jul	81,99	28,18	75,10	75,21	46,04	58,18	91,67	80,55	75,59	
ago	83,16	27,88	76,65	62,90	47,51	59,16	78,18	76,58	75,05	
set	83,91	49,05	77,34	60,04	47,03	75,00	76,90	91,61	80,51	
out	74,16	40,34	75,65	36,30	47,53	64,80	61,55	66,57	65,83	
nov	56,77	29,01	72,12	37,10	47,52	55,23	58,11	59,59	60,15	
dez	66,58	25,00	57,61	48,21	57,09	50,00	55,96	56,96	57,91	

Tabela 28. Resultados dos subíndices e índice final, ponto de coleta L5, ano 2009





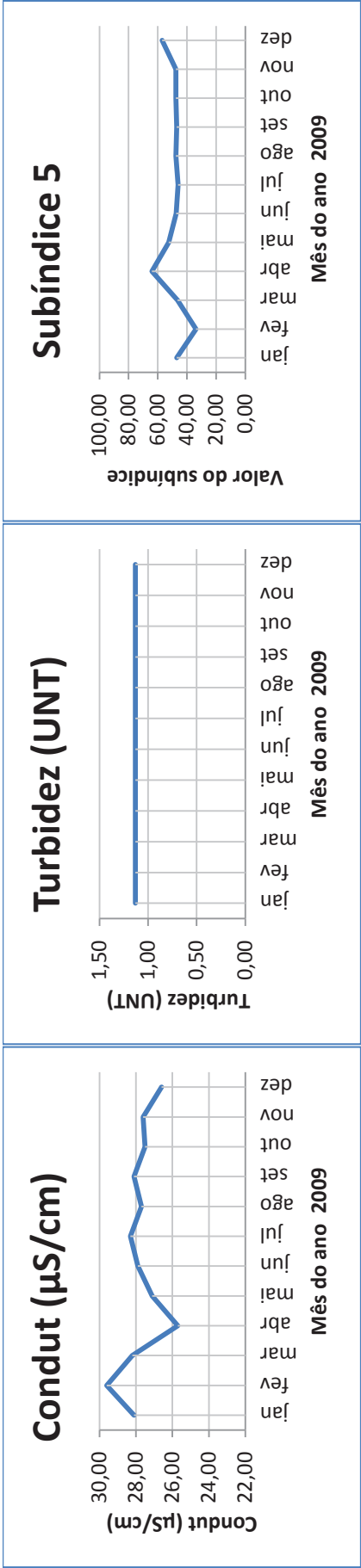


Figura 92. Resultados do subíndice 5, ponto de coleta L5, ano 2009

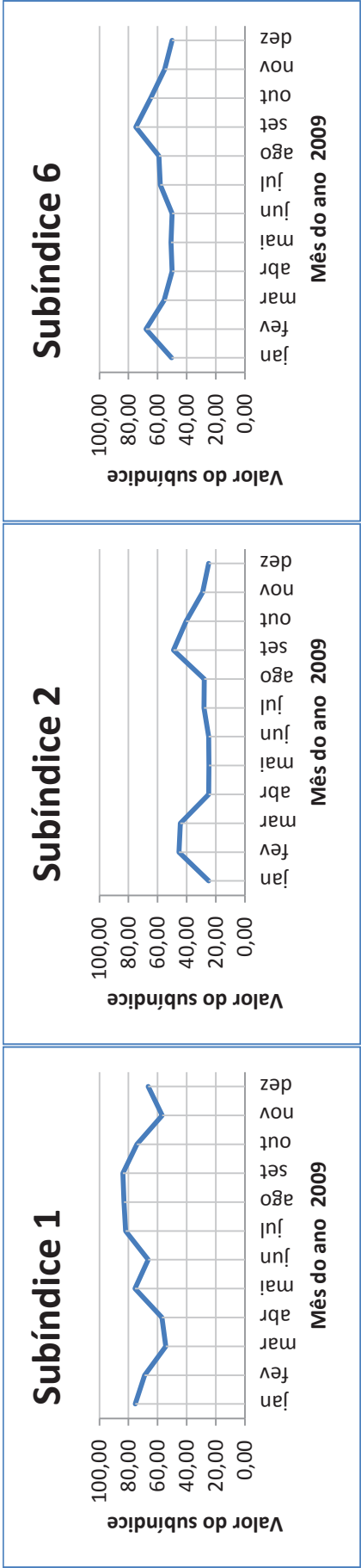


Figura 93. Resultados do subíndice 6, ponto de coleta L5, ano 2009

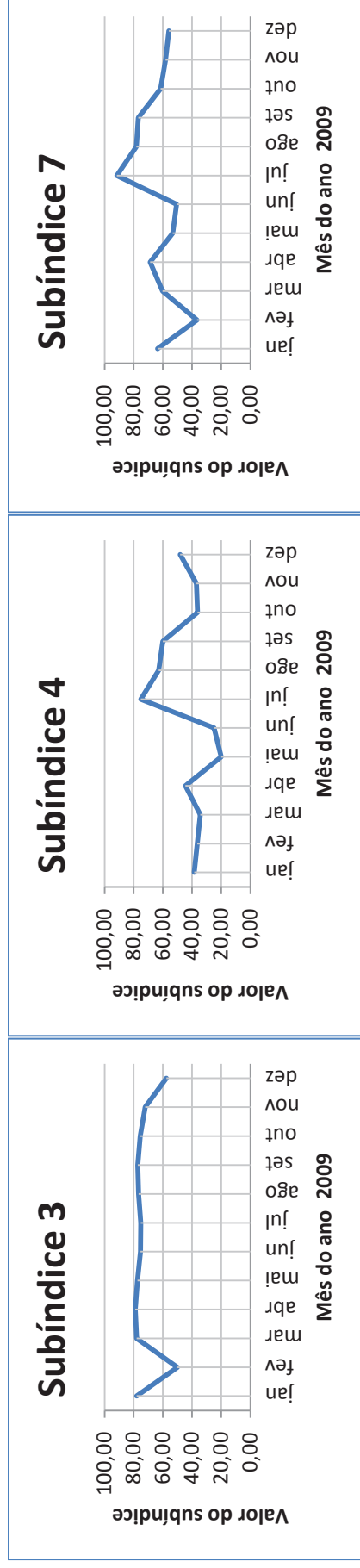


Figura 94. Resultados do subíndice 7, ponto de coleta L5, ano 2009

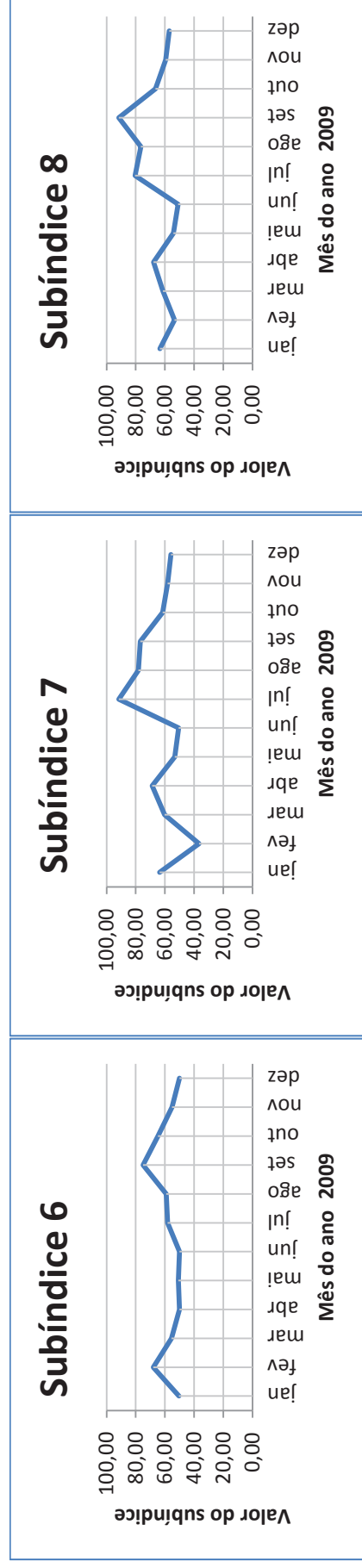


Figura 95. Resultados do subíndice 8, ponto de coleta L5, ano 2009

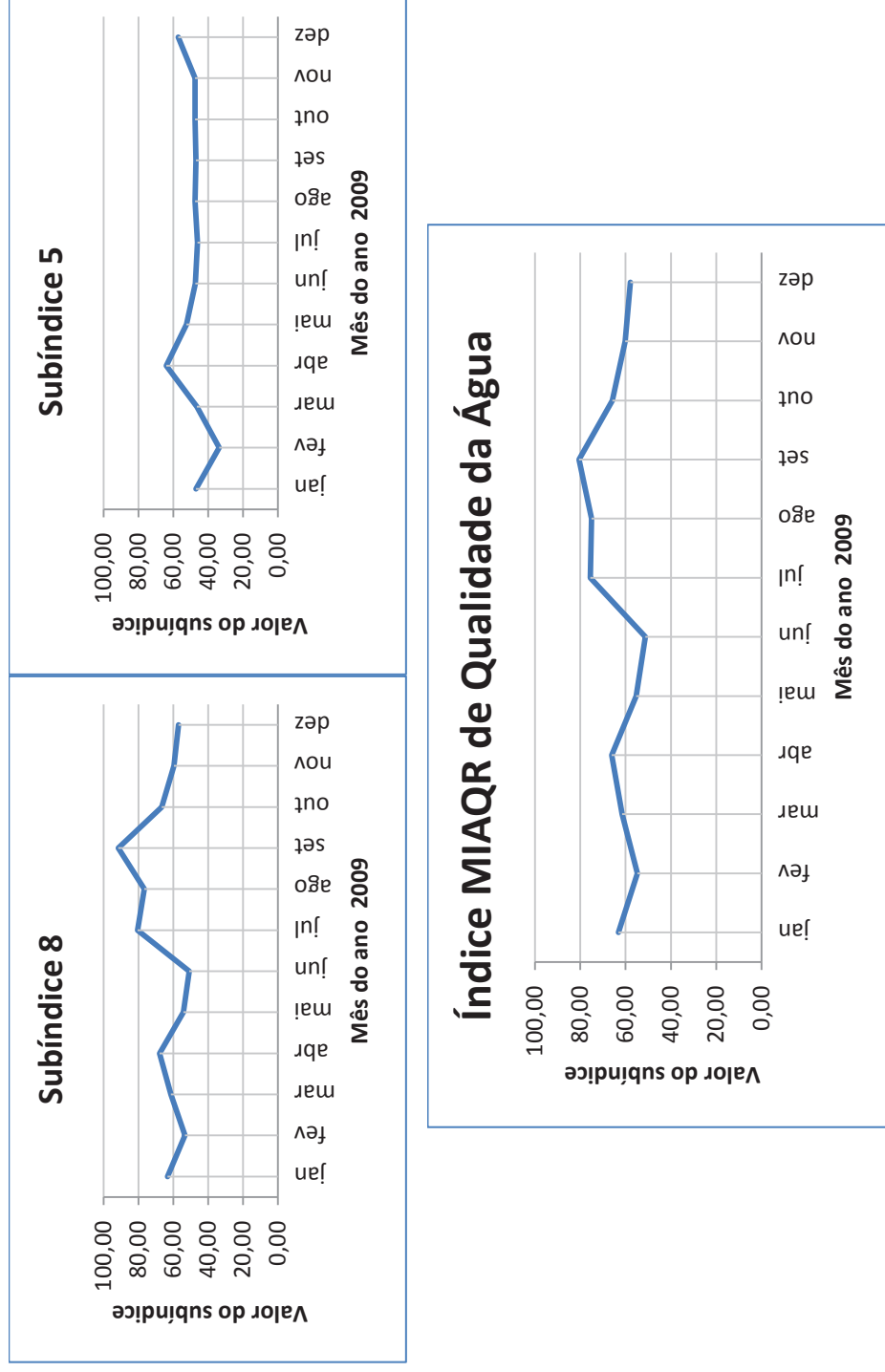


Figura 96. Resultados do índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água, ponto de coleta L5, ano 2009

L2	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	Clorofila (µg/L)	Nitrato (mg/L N)	FT (mg/L P)	Nitrito (mg/L N)	Amônio (mg/L N)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Índice MIAQR de Qualidade da Água
jan	28,30	6,35	6,54	4,44	0,095416667	0,049428571	0,01625	0,126666667	28,30	0,60	60,06
fev	29,90	8,83	6,60	2,96	0,3875	0,0255	0,03	0,4125	29,90	0,60	44,07
mar	27,90	7,70	6,97	5,90	0,1893	0,0213	0,0243	0,1375	27,90	0,60	46,08
abr	25,80	4,35	6,99	4,00	0,2342	0,0186	0,0296	0,1864	25,80	0,60	41
mai	24,30	8,50	5,26	3,70	0,423	0,0228	0,0135	0,264	27,60	0,60	55,08
jun	21,80	5,97	5,79	2,80	0,126	0,0251	0,0193	0,2124	26,70	0,60	62,45
2009 jul	21,70	9,38	5,88	3,50	0,1458	0,0352	0,0101	0,2392	27,70	0,60	75,48
ago	22,40	8,00	5,78	2,40	0,1765	0,0521	0,0198	0,386	27,80	0,60	50,89
set	25,30	8,50	6,64	2,50	0,1122	0,0382	0,0146	0,1231	29,00	0,60	80,53
out	26,10	7,76	6,40	1,10	0,3321	0,0351	0,0028	0,4321	28,30	0,60	59,75
nov	30,50	6,53	6,10	0,80	0,4566	0,0573	0,0021	0,578	27,60	0,60	33,72
dez	27,50	6,34	6,13	2,10	0,5441	0,0452	0,0141	0,363	26,70	0,60	35,05

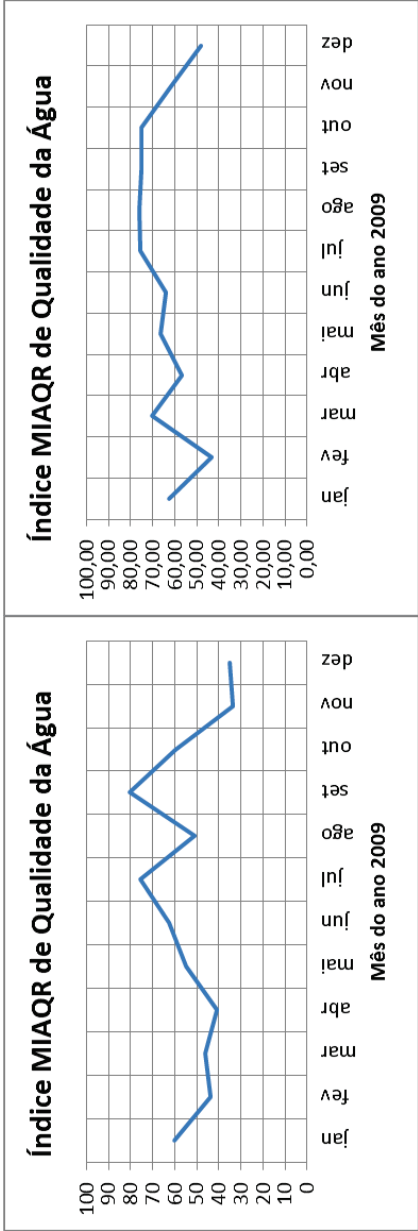
Tabela 29. Resultado do índice final, ponto de coleta L2, ano 2009

L3	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	Clorofila (µg/L)	Nitrato (mg/L N)	FT (mg/L P)	Nitrito (mg/L N)	Amônio (mg/L N)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Índice MIAQR de Qualidade da Água
jan	28,60	6,95	6,71	4,44	0,0879	0,0194	0,0233	0,12583	28,60	0,78	62,60
fev	29,00	8,58	6,60	7,40	0,35	0,0276	0,0191	0,2025	29,00	0,78	43,27
mar	28,00	7,11	7,09	5,90	0,1568	0,0198	0,0123	0,0986	28,00	0,78	70,50
abr	25,80	4,33	6,65	2,30	0,196	0,0243	0,0195	0,1154	25,80	0,78	56,98
mai	24,10	9,06	6,00	1,50	0,1673	0,0178	0,0325	0,096	27,90	0,78	66,67
jun	21,90	5,71	5,80	1,80	0,21	0,0195	0,0169	0,1185	26,00	0,78	63,96
2009 jul	22,70	8,92	6,00	1,20	0,1127	0,0181	0,0082	0,1537	27,50	0,78	75,61
ago	22,60	8,19	6,00	1,00	0,1458	0,0191	0,0127	0,123	27,70	0,78	75,92
set	24,90	7,65	6,90	1,50	0,1314	0,0212	0,0182	0,1141	28,30	0,78	75,25
out	25,30	7,67	7,00	2,10	0,2551	0,0184	0,0039	0,335	28,50	0,78	75,00
nov	30,30	7,13	6,70	0,50	0,3281	0,0214	0,0023	0,345	27,80	0,78	61,66
dez	27,50	7,10	6,11	2,50	0,443	0,0262	0,0113	0,348	26,60	0,78	48,21

Tabela 30. Resultado do índice final, ponto de coleta L3, ano 2009

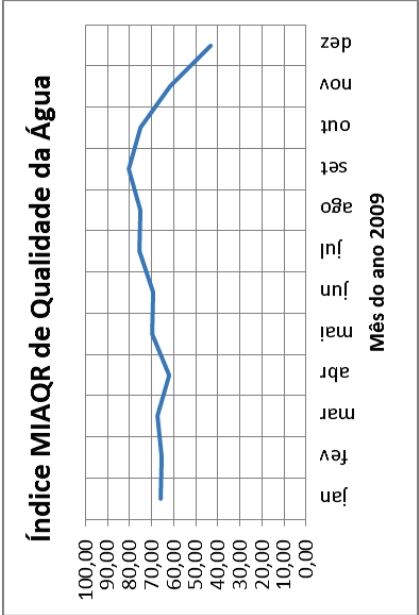
L4	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	Clorofila (µg/L)	Nitrato (mg/L N)	FT (mg/L P)	Nitrito (mg/L N)	Amônio (mg/L N)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Índice MIAQR de Qualidade da Água
	jan	28,20	6,17	2,96	0,0983	0,0151	0,0171	0,1433	28,20	0,91	66,11
	fev	29,70	7,26	1,48	0,3625	0,0140	0,0175	0,2	29,70	0,91	65,58
	mar	28,20	6,00	1,50	0,2595	0,0163	0,0123	0,0698	28,20	0,91	67,27
	abr	25,90	6,30	2,60	0,267	0,018	0,0156	0,1101	25,90	0,91	61,98
	mai	24,60	6,02	2,30	0,312	0,0196	0,0197	0,068	26,80	0,91	69,95
	jun	22,00	5,60	1,10	0,1123	0,0142	0,016	0,096	27,00	0,91	69,23
2009	jul	22,40	6,00	1,30	0,1963	0,0132	0,0049	0,105	27,70	0,91	75,69
	ago	22,80	5,61	1,00	0,1648	0,0176	0,0143	0,145	27,60	0,91	75,06
	set	24,90	6,96	1,10	0,1251	0,0194	0,0121	0,0851	28,00	0,91	80,51
	out	25,80	6,80	0,90	0,1982	0,0181	0,0045	0,332	27,60	0,91	75,13
	nov	29,80	6,80	0,30	0,229	0,0163	0,0056	0,356	28,30	0,91	61,68
	dez	27,70	6,90	1,80	0,4021	0,0182	0,0162	0,321	26,60	0,91	43,12

Tabela 31. Resultado do índice final, ponto de coleta L4, ano 2009



L2

L3



L4

Figura 97. Resultado do índice final para os locais amostrais L2, L3 e L4 , ano 2009

5.3. Avaliação do índice MIAQR-PALADINES de Qualidade Biótica

Para avaliar o índice biótico foi escolhido um local de amostragem entre os vinte e quatro listados na Tabela 4 (Coordenadas dos locais de amostragem - métricas de assembleia de peixes). Pela abundante quantidade de dados em comparação com os outros locais de amostragem, o local escolhido foi o número 6, com coordenadas: 22°47'19.95"S - 43°59'36.96"O. Foram utilizadas todas as coletas realizadas no local entre os anos 1994 e 2011, dezenove amostras coletadas no total.

Na Tabela 32 apresenta-se a base de dados utilizada na avaliação do Índice MIAQR-PALADINES Biótico. A Tabela 33, apresenta os resultados do IAPR, dos subíndices e do índice MIAQR-PALADINES Biótico. Procedendo da mesma maneira como foi feita na avaliação do índice de qualidade da água, serão apresentados gráficos do comportamento dos subíndices.

No final do subcapítulo o índice de qualidade biótica e o IAPR (descrito no subcapítulo 3.5) são comparados cotejando seus resultados.

A discussão dos resultados do teste será apresenta no subcapítulo 5.4.

Amostra	Data de coleta	Número Espécies Nativas	Número Siluriformes Nativos	Número Characiformes Nativos	%Biomassa Espécies não Nativas	Shannon	Dominância	Número Lambaris	Número Hypostomus Affinis
1	17/03/1994	5	2	3	0	0,9483	0,5307	66	0
2	18/05/1994	7	4	3	4,901532669	1,097	0,5129	21	1,5
3	10/08/1994	9	3	5	1,643260768	1,159	0,5025	16	1
4	04/11/1994	7	3	4	9,422876045	0,9013	0,5813	1,5	4,5
5	07/03/1996	10	4	5	10,66152858	1,857	0,2348	38	13
6	23/04/1996	7	4	2	37,660528	1,205	0,4868	8	8
7	14/03/2000	6	1	4	17,44003292	0,4806	0,82	1	0
8	02/08/2001	5	0	4	1,053626908	0,522	0,7831	18	0
9	31/10/2001	7	3	4	0,197515858	0,5193	0,7976	0	0
10	31/01/2002	6	3	2	32,21458548	1,639	0,2422	20	0
11	26/02/2003	6	1	4	27,49723358	1,698	0,2247	60	0
12	04/08/2003	2	1	1	13,47342398	1,33	0,2778	0	0
13	18/05/2004	1	1	0	100	1,004	0,3878	0	3
14	21/02/2008	3	2	0	57,14285714	1,386	0,25	0	0
15	21/02/2008	2	1	1	37,34177215	1,07	0,3532	8	0
16	17/08/2009	1	1	0	19,11764706	0,6931	0,5	0	0
17	17/08/2009	5	2	2	63,59649123	1,717	0,2188	9	0
18	17/08/2009	7	4	2	11,81763073	1,851	0,1797	3	3
19	17/08/2009	6	2	2	0	1,519	0,2663	0	1

Tabela 32. Base de dados utilizada na avaliação do Índice MIAQR-PALADINES Biótico

Amostra	SI A	SI B	SI C	SI D	SI E	SI F	MIAQR BIÓTICO	IAPR
1	25	75	36,7	50	50	50	50	35
2	76,31	75	49,47	39,98	91,64	49,09	75	40
3	76,31	80,56	54,55	32,92	91,33	55,93	75,71	45
4	75	76,48	28,92	53,91	91,64	54,91	75,5	40
5	90,97	79,49	91,34	50	90,87	75	79,97	70
6	76,31	25	60,87	65,34	75	66,79	75	50
7	25	76,31	21,63	8,38	50	19,48	50	35
8	8,33	76,31	22,29	21,22	50	24,73	50	25
9	75	76,31	22,1	8,33	91,64	19,44	75	30
10	65,91	25	90,98	23,12	65,27	47,09	64,74	45
11	25	60,06	90,41	50	35,53	75	60,92	55
12	20,61	25	76,21	8,33	25	34,09	34,73	35
13	16,37	8,33	50,71	37,5	23,6	51,35	48,04	20
14	25	9,27	78,55	8,33	25	34,09	34,73	25
15	20,61	24,68	58,25	9,13	25	34,76	35,29	30
16	16,37	8,35	39,49	8,33	23,6	32,4	33,24	25
17	25	25	90,35	8,84	25	34,71	35,25	40
18	76,31	50	90,71	37,5	75	62,5	75	50
19	40,91	50	91,57	8,33	40,27	34,11	39,74	45
20	50	24,18	56,8	8,33	48,82	34,09	48,1	30

Tabela 33. IAPR, subíndices e índice MIAQR-PALADINES Biótico resultantes da avaliação

5.3.1. Subíndice A

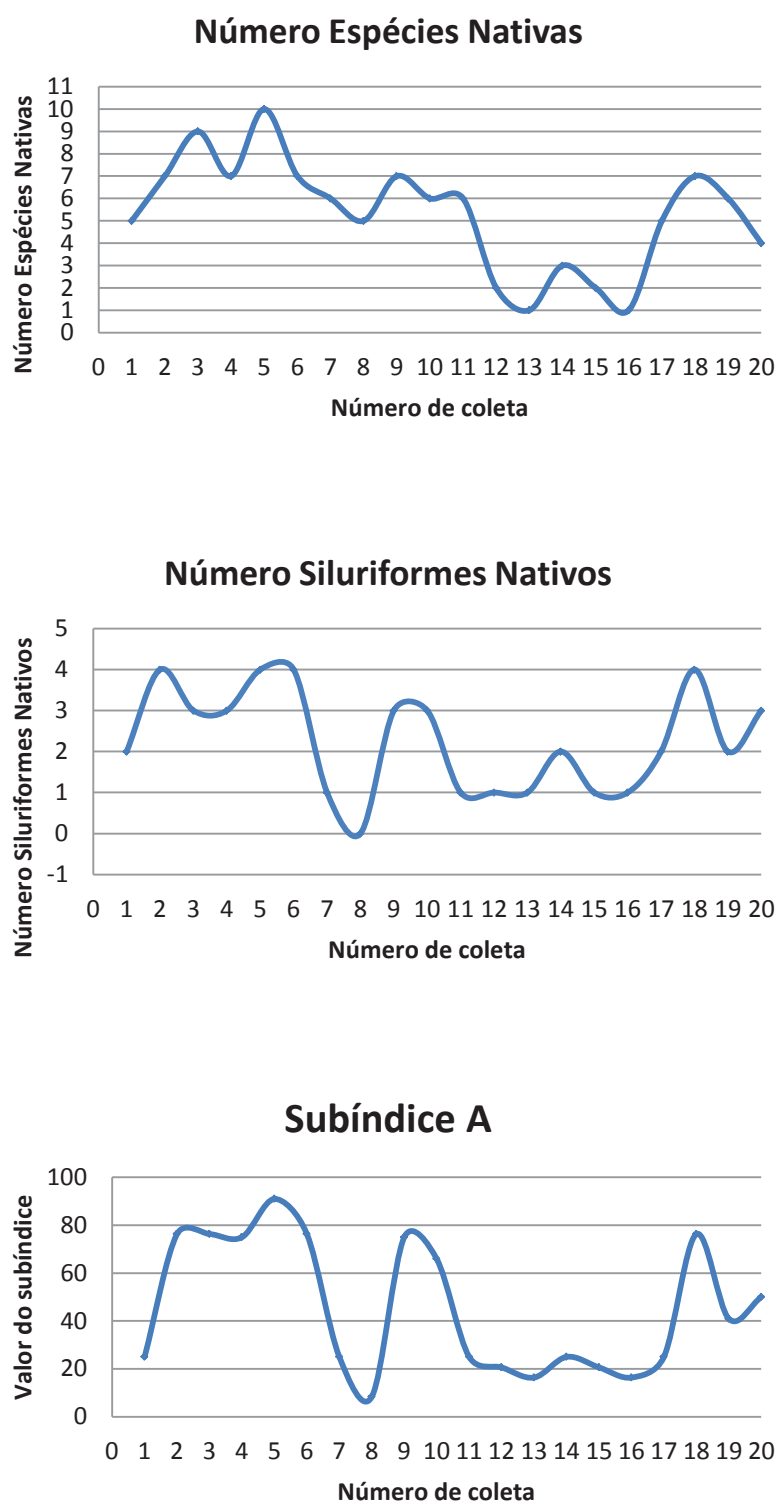


Figura 98. Avaliação do subíndice A

5.3.2. Subíndice B

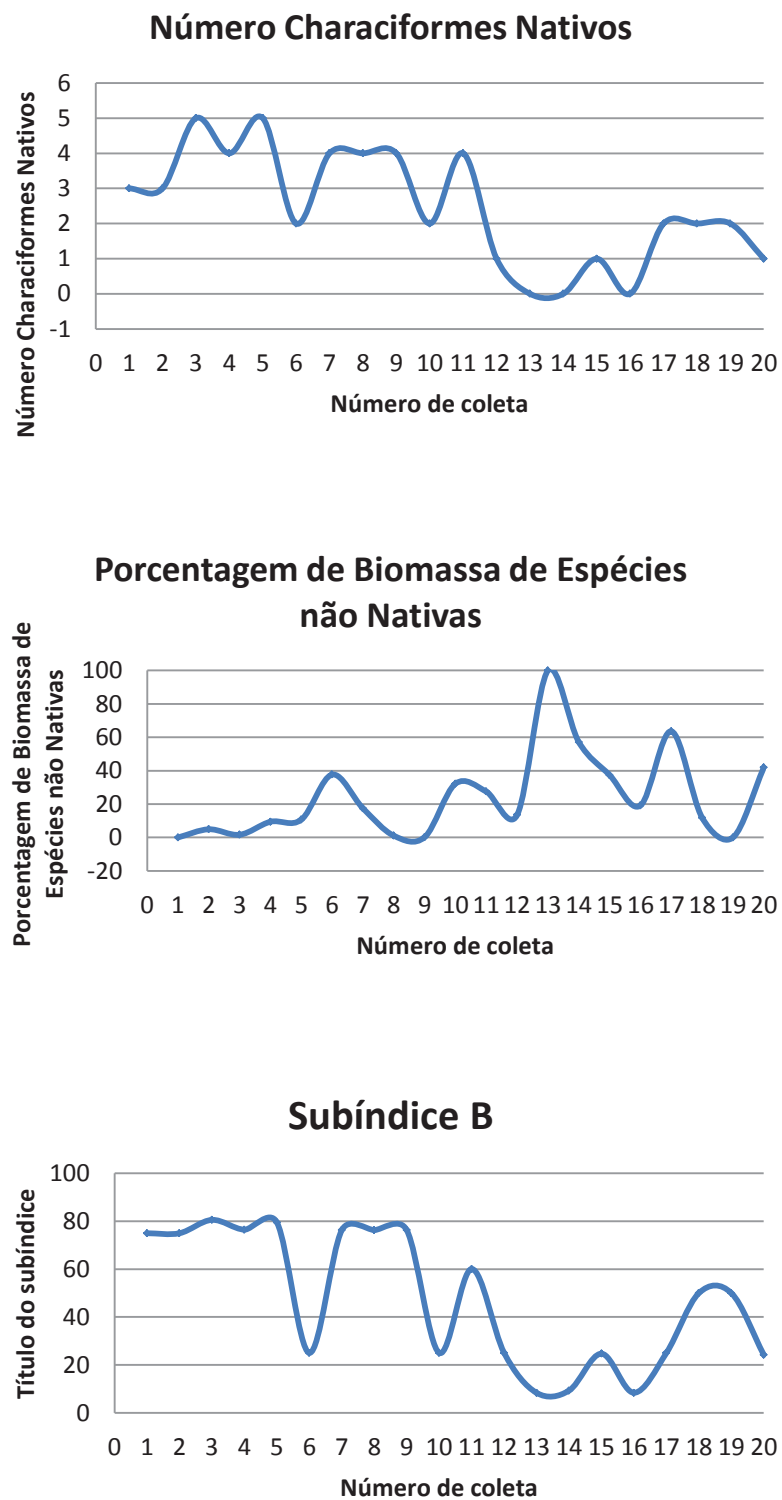


Figura 99. Avaliação do subíndice B

5.3.3. Subíndice C

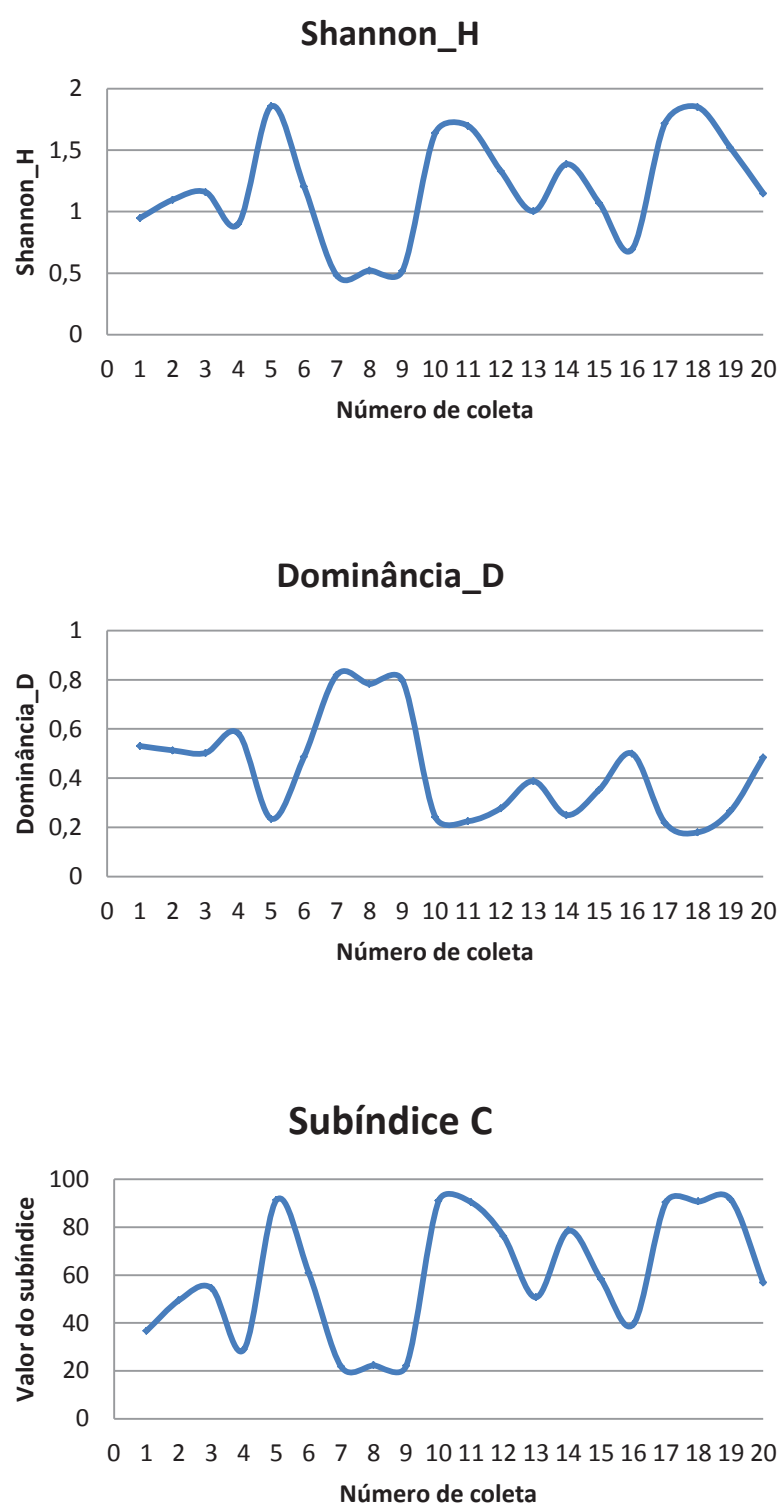


Figura 100. Avaliação do subíndice C

5.3.4. Subíndice D

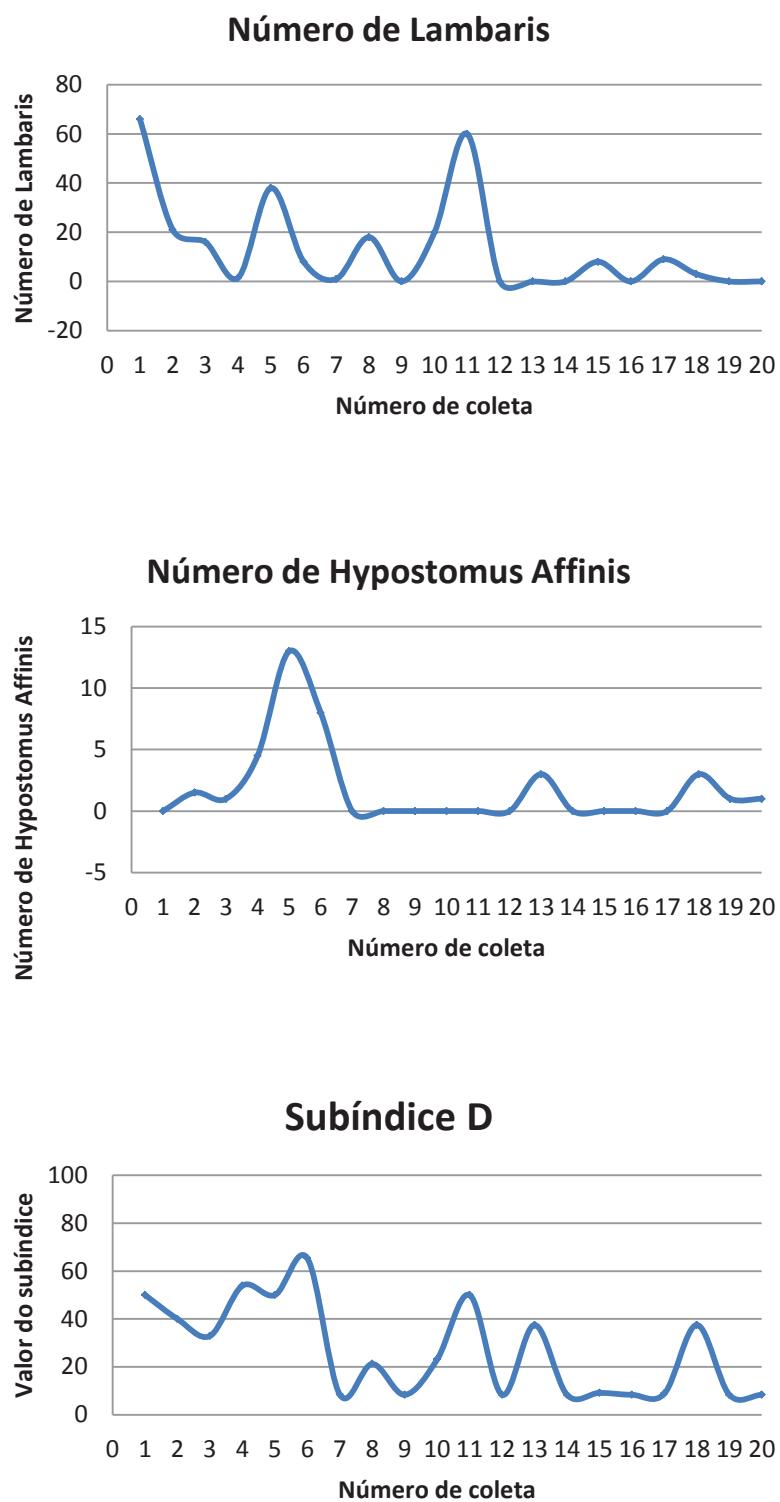


Figura 101. Avaliação do subíndice D

5.3.5. Subíndice E

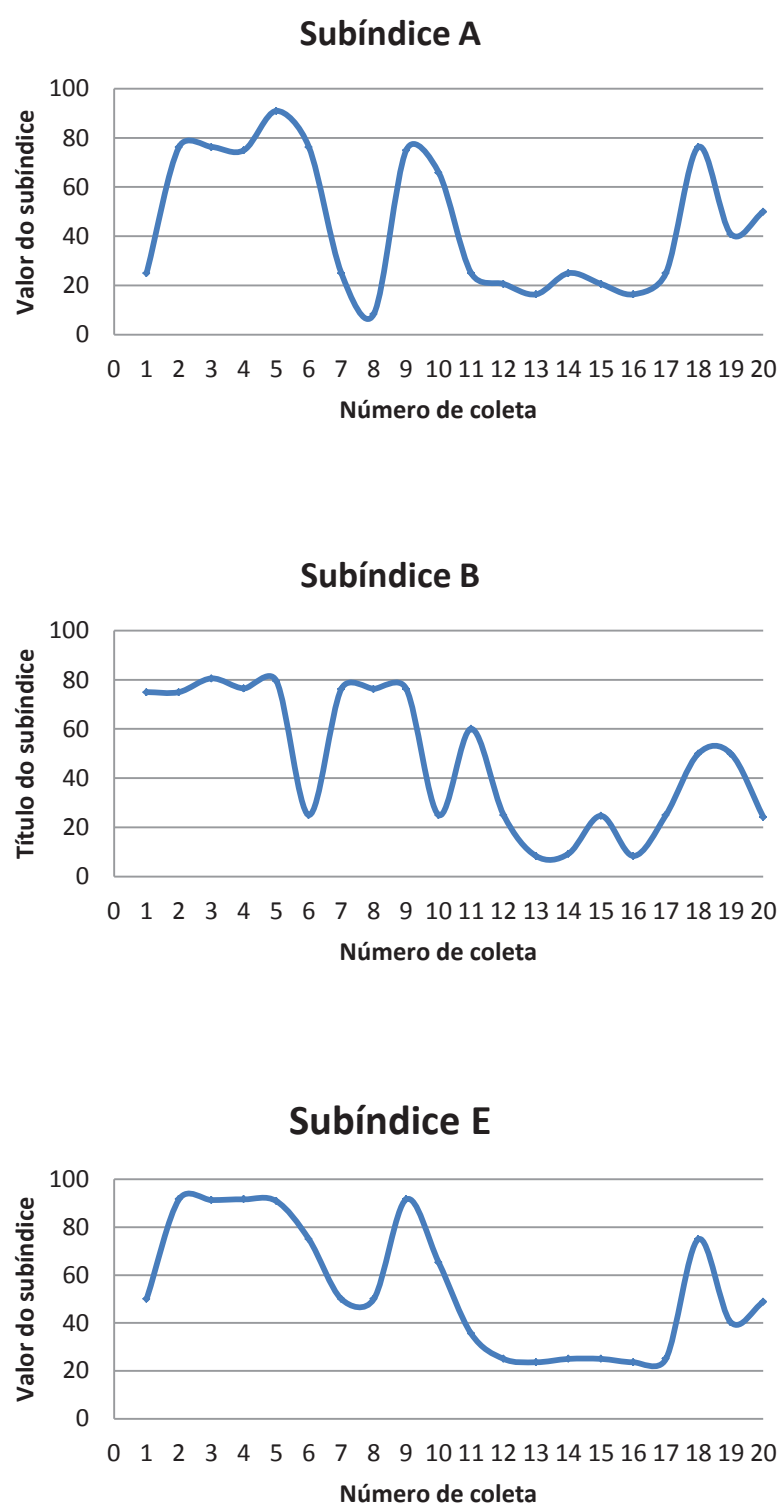


Figura 102. Avaliação do subíndice E

5.3.6. Subíndice F

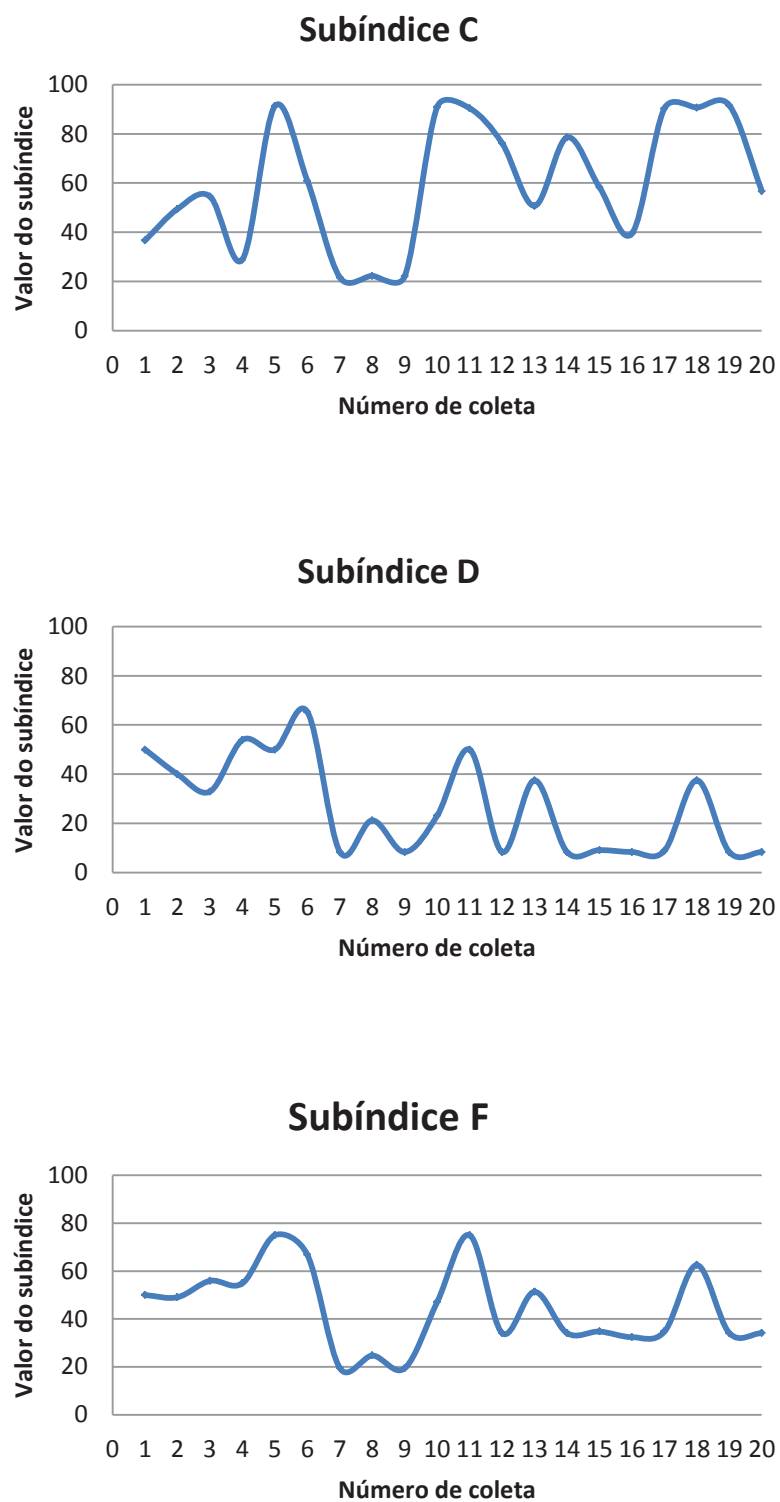


Figura 103. Avaliação do subíndice F

5.3.7. Índice MIAQR-PALADINES Biótico

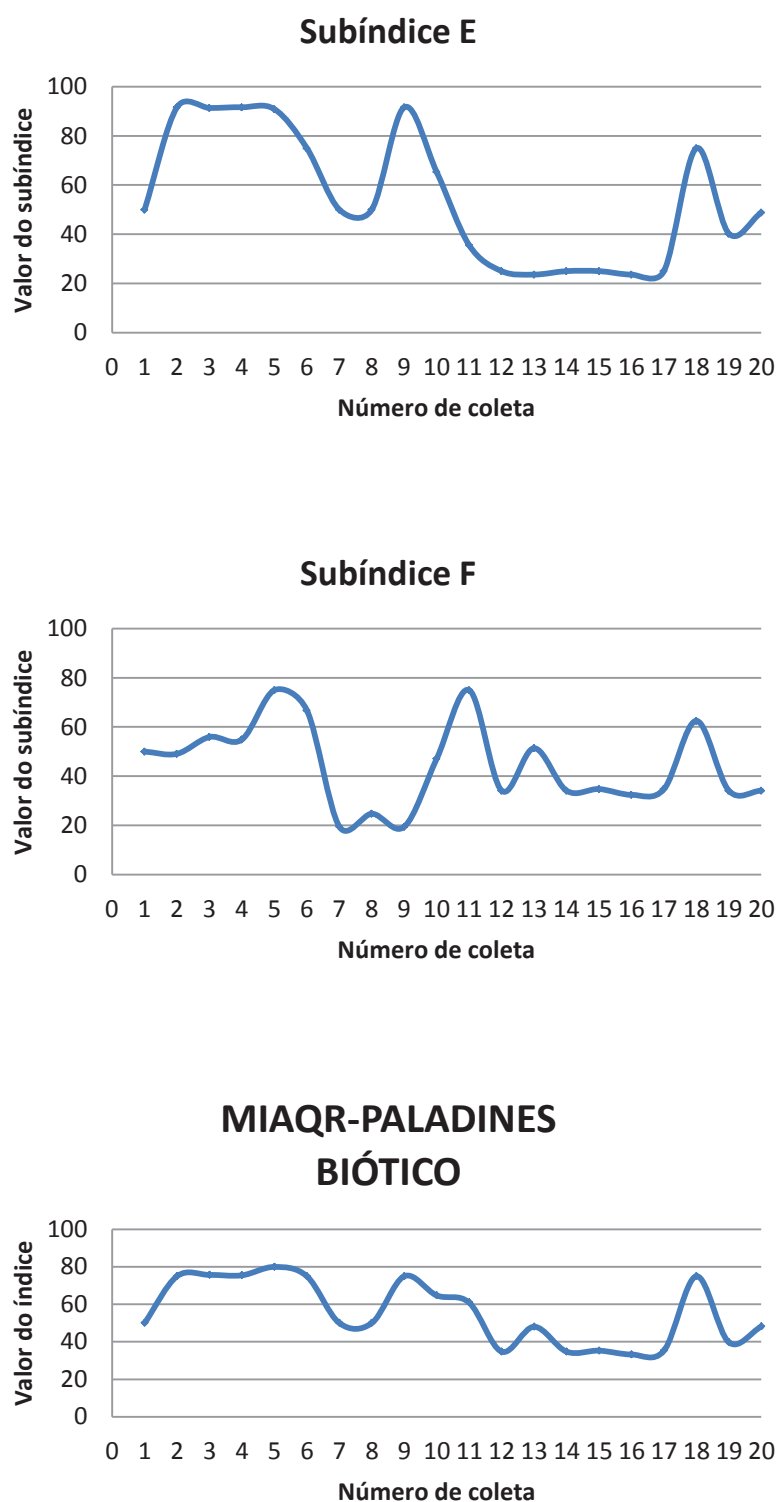


Figura 104. Avaliação do índice final

5.3.8. Índice MIAQR-PALADINES Biótico vs. IAPR

Amostra	MIAQR Biótico	IAPR
1	50	35
2	75	40
3	75,71	45
4	75,5	40
5	79,97	70
6	75	50
7	50	35
8	50	25
9	75	30
10	64,74	45
11	60,92	55
12	34,73	35
13	48,04	20
14	34,73	25
15	35,29	30
16	33,24	25
17	35,25	40
18	75	50
19	39,74	45
20	48,1	30

Tabela 34. Resultados do Índice MIAQR-PALADINES Biótico vs. o IAPR

MIAQR-PALADINES BIÓTICO vs. IAPR

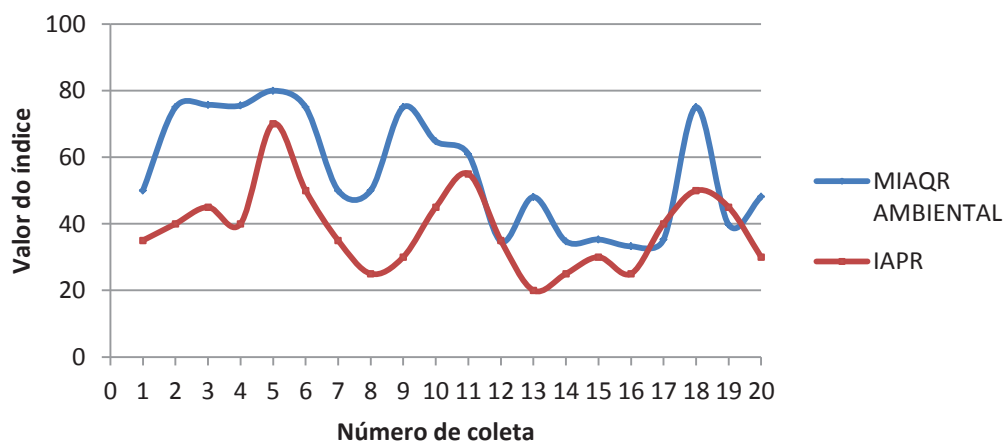


Figura 105. Resultados do Índice MIAQR-PALADINES Biótico vs. o IAPR

5.4. Discussão dos resultados

5.4.1. Teste da eficácia do modelo com MATLAB.

Os resultados entregues pelo MIAQR-PALADINES e o MATLAB Simulink são quase idênticos. As pequenas diferenças poderiam ser atribuídas à metodologia utilizada na programação do método de defuzzificação centroide de área, especificamente na parte da integração das áreas.

5.4.2. Avaliação do Índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água

5.4.2.1. Análise de resposta do modelo para cada variável

Os resultados da análise de comportamento foram os esperados. Os resultados dos testes exibiram:

- Influência negativa de temperaturas altas sobre a qualidade. Tanto nos valores da Tabela 15 como nos gráficos da Figura 61 é fácil observar uma notável influencia da variável temperatura no resultado do subíndice 1. É possível advertir que para valores de temperatura superiores a 24.5°C apresenta-se, no resultado do subíndice, uma tendência inversamente proporcional. Já na parte inferior da Figura 61 e na Figura 62 observar-se como a tendência se mantém ao longo dos resultados dos subíndices 6 e 8 até chegar ao índice final.
- Uma relação diretamente proporcional entre a qualidade da água e a variável oxigênio dissolvido. Na Tabela 16 e nas figuras 63 e 64, é possível observar a relação diretamente proporcional entre os valores de oxigênio dissolvido e o resultado do subíndices 1, além da correspondente influencia do indicador sobre os subíndices 6 e 8 até o índice final.
- Uma relação inversamente proporcional entre a qualidade e a série de nitrogênio, o fósforo total, a condutividade e a turbidez.
- Uma marcada influência do oxigênio dissolvido sobre o índice final.
- Valores de pH pertos de 6,5 representando uma melhor qualidade da água. Na Figura 65 observa-se claramente, como resultado do subíndice 2, uma curva com forma de função de distribuição normal com media em 6,5

aproximadamente. A influencia do pH mantém-se no resultado dos subíndices 6 e 8 até o índice final.

- Uma influência forte por parte do subíndice 8, e fraca por parte do subíndice 5 sobre o índice final, facilmente perceptíveis nas figuras 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 77 e 78.
- Preponderância de uma variável sobre outra. Comparando os resultados do subíndice 1 nas figuras 61 e 63 pode-se concluir que, a influencia do oxigênio no subíndice 1 é claramente maior que a influencia da temperatura.
- Preponderância de um subíndice sobre outro. Na Figura 78, por exemplo, o resultado do índice final apresenta uma tendência constante, com pequenas variações minimamente perceptíveis, resultado muito semelhante ao subíndice 8, mas muito distinto do subíndice 5 cujas grandes variações não foram refletidas maioritariamente.

5.4.2.2. Teste do Índice MIAQR-PALADINES de Qualidade da Água utilizando dados reais

No local de amostragem L1, o comportamento dos subíndices segue completamente a lógica utilizada na formulação das regras. Assim, citando alguns exemplos:

No subíndice 1, temperaturas médias, compreendidas entre 20 e 25°C, e valores altos de oxigênio dissolvido, entre 8 a 10mg/L, geraram valores de qualidade bons.

No subíndice 2, no mês de janeiro, um pH médio de 6,56 e uma clorofila-a alta de 7,4 µg/L geraram um subíndice 2 relativamente baixo de 8,38, o que representa uma qualidade de água ruim. Por outro lado, no mês de outubro, um pH médio de 6,3 que pode ser caracterizado como bom, e uma clorofila média baixa de 2,2 µg/L resultaram em um subíndice 2 médio de 58,42, o que significa uma qualidade média. Neste exemplo pode-se notar a preponderância de uma variável sobre outra. Um valor muito ruim de clorofila-a tem um peso maior na avaliação de qualidade da água para o consumo humano que um valor bom de pH.

No subíndice 3, valores baixos de nitrato em torno de 0,5mg/L e valores baixos de fósforo total, ao redor de 0,05mg/L, geraram resultados bons de qualidade.

No local de amostragem L5 apresentaram-se as mesmas tendências presentes nos testes anteriores. Além disso, no índice final (Figura 96) é notável uma decida na qualidade da água durante os meses de maio, junho e julho, o que poderia ser interpretado como uma possível detecção de um evento de mistura da coluna de água. O valor elevado de amônio durante o mês de maio e de nitrito durante os meses de maio, junho e julho conseguem ser avaliados pelo subíndice 4. O resultado é transmitido pelo subíndice 7 e 8 até o índice final.

5.4.3. Avaliação do índice MIAQR-PALADINES de Qualidade Biótica

Da mesma maneira que aconteceu com o teste do índice MIAQR-PALADINES de qualidade da água, o comportamento dos subíndices do MIAQR-PALADINES de qualidade biótica segue totalmente a lógica utilizada na formulação das regras.

Por exemplo, no subíndice B é fácil identificar que, nas primeiras coletas, uma baixa porcentagem de biomassa de espécies não nativas em conjunto com um alto número de characiformes nativos gera uma qualidade biótica boa. Em seguida, na coleta número 6, um decremento do número de characiformes nativos e um aumento da porcentagem de biomassa geraram um decremento no valor da qualidade.

No subíndice C, na coleta número 8, o índice de Shannon diminui e a Dominância aumenta gerando uma queda no valor do índice, o mesmo padrão se mantem ao longo do resto das coletas.

Já comparando o IAPR com o MIAQR-PALADINES, os dois índices seguem o mesmo padrão de variação ao longo das amostras. O índice MIAQR-PALADINES de qualidade biótica apresenta, em geral, valores de qualidade ligeiramente superiores ao do IAPR.

