

**Universidade Estadual de Campinas**  
**Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica**  
**Departamento de Estatística**

## **Relatório**

**Eliane Ramos Siqueira RA:155233**  
**Natália Rodrigues da Silva RA:156831**  
**Hugo Calegari RA:155738**

**Campinas-SP, 2º semestre de 2017**

## Introdução

A represa do Fazzari, localizada na cidade de São Carlos de clima tropical, usada como depósito de dejetos químicos, teve sua composição natural alterada por estes. No processo, nanopartículas de óxido de zinco e sal de zinco são os principais componentes incorporados às águas fluviais.

Um dos componentes da vida no rio são os microcrustáceos, animais que fazem parte do zooplâncton e a principal fonte de alimentação e transferência de energia para os níveis tróficos superiores do ambiente em questão. Em outras palavras, os microcrustáceos são microorganismos que servem como principal fonte de alimentação para outras espécies, que, por sua vez, são a principal fonte de alimentação para outras espécies e, assim, sucessivamente, até que se complete a biodiversidade do rio.

## Objetivo

Considerada a importância da existência regulada dos microcrustáceos como base da cadeia alimentar, para a sustentabilidade da biodiversidade da represa do Fazzari, o presente trabalho tem por objetivo a análise do impacto das nanopartículas de óxido de zinco e do sal de zinco no:

- 1) desenvolvimento - tamanho (comprimento em milímetros) que os microorganismos em questão atingem;
- 2) fecundação - quantidade de zigotos formados por dia;
- 3) nascimento - quantidade de zigotos que se transformam em indivíduos adultos;

Os impactos serão mensurados e analisados através da comparação entre 6 cenários, caracterizados pela ausência dos componentes destacados na água e outras cinco concentrações dos mesmos.

## Banco de dados

O banco de dados considerado para as análises contém 1080 observações, de 120 microcrustáceos divididos em 12 grupos - com 10 microcrustáceos em cada - dos quais 6 foram expostos às nanopartículas e 6 ao sal de zinco. Para cada um dos 6 grupos submetidos a um dos materiais foram utilizadas 6 concentrações do mesmo (uma para cada grupo): 0,00 (controle), 0,006mg/L, 0,01mg/L, 0,02mg/L, 0,04mg/L e 0,09mg/L para o sal de zinco e 0,00 (controle), 0,006mg/L, 0,0125mg/L, 0,025mg/L, 0,05mg/L e 0,1mg/L para nanopartículas.

Os microcrustáceos foram observado durante 9 dias nos quais uma medida diária de seu comprimento (medido em milímetros), do número de ovos colocados no dia em questão e do número de neonatos nascidos neste dia.

Para avaliar o número de ovos e neonatos foram considerados a quantidade total de ovos e neonatos por replicação. Deseja-se verificar, assim, as possíveis diferenças nestes totais para os diferentes níveis de concentração para nanopartículas e sal de zinco.

Linhas (replicações) que possuem microcrustáceos que morreram para qualquer que seja o dia foram retiradas. Isto fez com que as informações referentes ao dia diminuíssem para algumas concentrações nas quais isso ocorreu. (Poderia ser utilizada outra abordagem, como completar os dados faltantes por alguma técnica).

Além disso, para o sal de zinco, na variável “Tratamento” foram consideradas: “0” para controle, “1” para a concentração 0,006mg/L, “2” para a concentração 0,01mg/L, “3” para a concentração 0,02mg/L, “4” para a concentração 0,04mg/L e “5” para a concentração 0,09mg/L. Ideia semelhante foi adotada para nanopartículas: “0” para controle, “1” para a concentração 0,006mg/L, “2” para a concentração 0,0125mg/L, “3” para a concentração 0,025mg/L, “4” para a concentração 0,05mg/L e “5” para a concentração 0,1mg/L.

# Análise descritiva e exploratória

## Nanopartículas

De acordo com os boxplots do comprimento por dia (figura 1) e do gráfico de perfil médio (figura 3), percebe-se que existe uma associação entre os valores do comprimento com o passar dos dias, ou seja, em geral ao longo dos dias aumenta-se o comprimento dos microcrustáceos. Além disso, nota-se que os comprimentos têm uma característica de crescimento até uma possível estabilização que ocorre nos dias 7 e 8 (a variabilidade dos comprimentos nestes dois dias também é muito próxima).

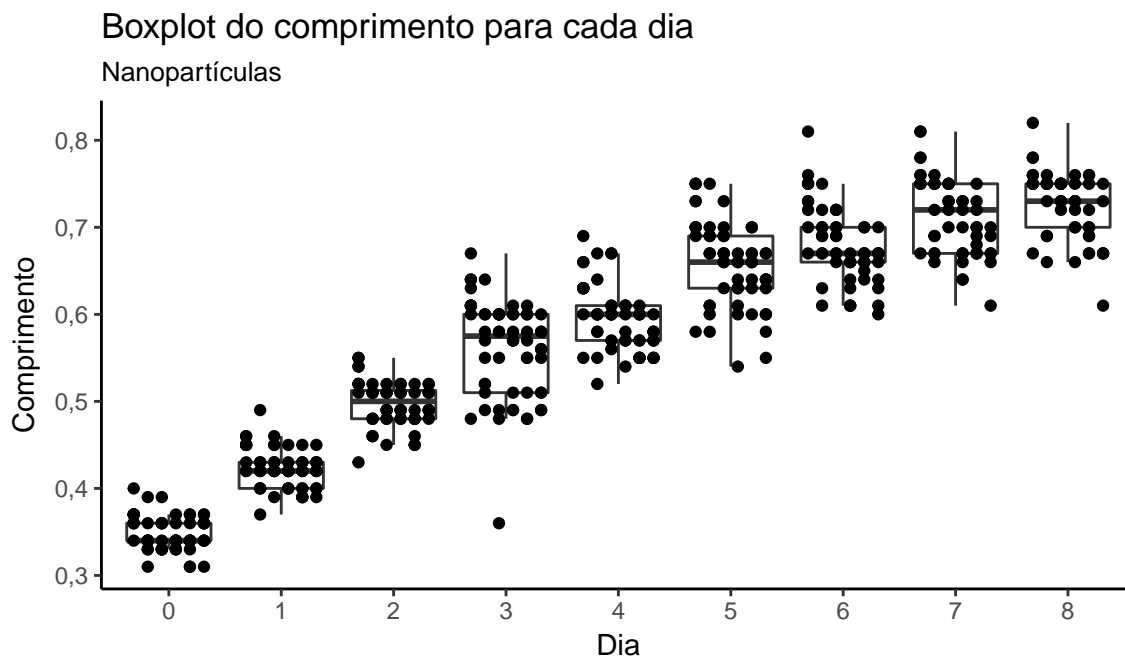


Figura 1: Boxplot do comprimento para cada dia para nanopartículas. De imediato, nota-se as seguintes características: à medida em que se passam os dias o comprimento dos microcrustáceos aumentam e a variabilidade do comprimento é diferente entre os dias. Como as medidas dos comprimentos são muito próximas, caso os pontos nos boxplots fossem localizados no centro haveria a sobreposição destes e poderia gerar algum confundimento. Note que neste caso, o interesse é simplesmente avaliar o crescimento nos dias independente do tratamento.

Pela observação dos boxplots por dia e tratamento (figura 2) é possível destacar não somente o aumento do comprimento como também diferentes taxas de crescimento do comprimento nos diferentes tratamentos. Por exemplo, observa-se pela figura 2, que a maneira pela qual ocorre o aumento do comprimento no tratamento 0 (controle) é maior ao longo dos dias e diferente quando comparado com o tratamento 5 (concentração de 0,1mg/L de nanopartículas).

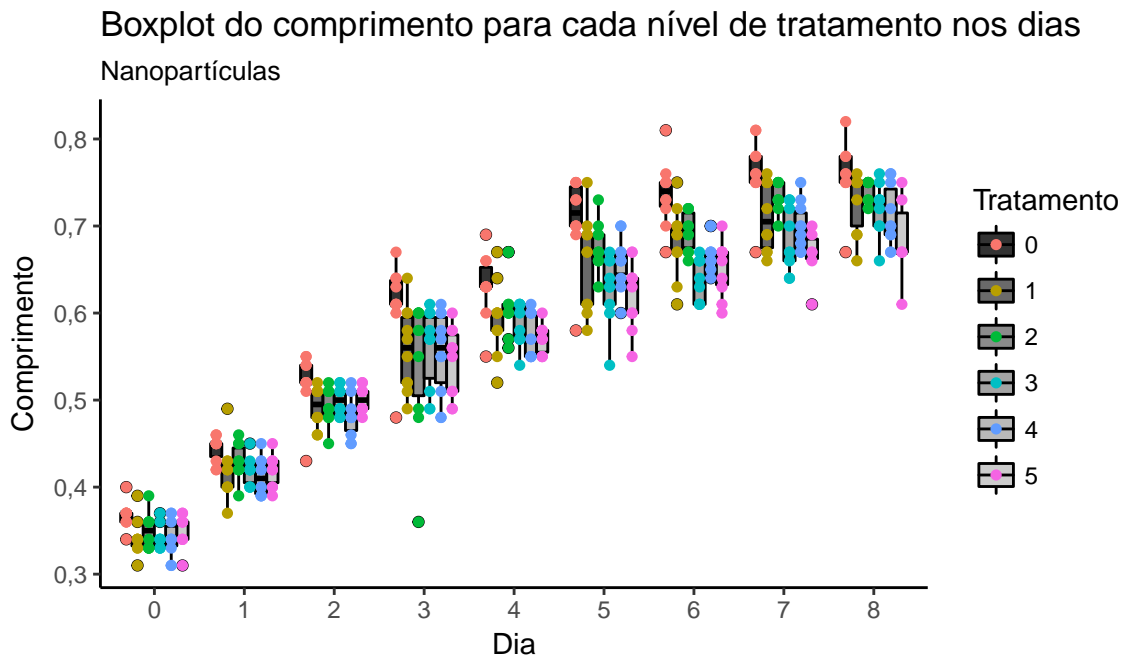


Figura 2: Boxplot do comprimento para os níveis de tratamentos nos dias para nanopartículas. Assim como mencionado na descrição do banco de dados, na seção anterior, o tratamento 0 refere-se ao controle, o tratamento 1 refere-se à concentração 0,006mg/L, o tratamento 2 à 0,0125mg/L, o tratamento 3 à 0,025mg/L, o tratamento 4 à 0,05mg/L e o tratamento 5 à 0,1mg/L. As cores na escala cinza dos boxplots indicam, do mais escuro (controle) ao mais claro (maior concentração), as diferentes concentrações de nanopartículas. Em geral, o comprimento do grupo controle é maior dentro de cada dia e no decorrer dos dias. O comprimento dos microcrustáceos nos dias de 5-8, para os tratamentos de 1-5, é mais diferenciável em comparação com os dias 0-4 para os mesmos tratamentos. Assim como o gráfico anterior, não só a estrutura de variabilidade entre os dias é diferente, mas também observa-se que para o mesmo dia há variação do comprimento para os diferentes tratamentos e isso percorre ao longo dos dias.

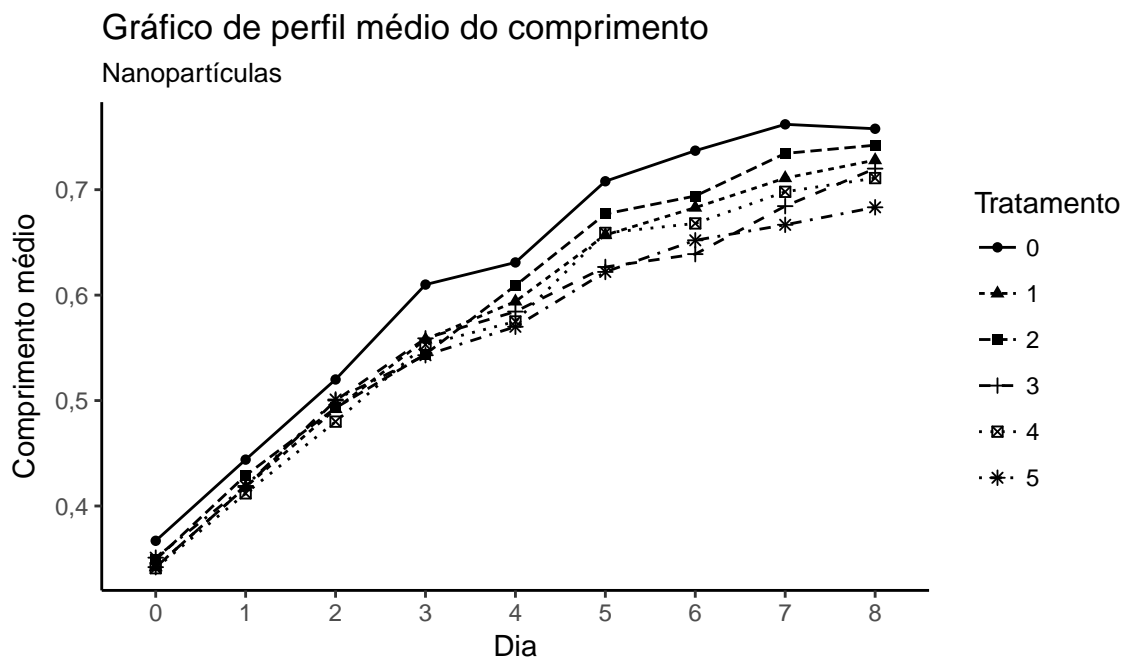


Figura 3: Gráfico de perfil médio do comprimento para nanopartículas. Nota-se que para o controle, referido como tratamento 0, o comprimento médio para os diferentes dias é superior quando comparado com os diferentes tratamentos. Observe que para o tratamento 2 (0.0125mg/L de nanopartículas) supera o comprimento médio dos demais tratamentos (3-5) a partir do 4 dia, abaixo somente do controle.

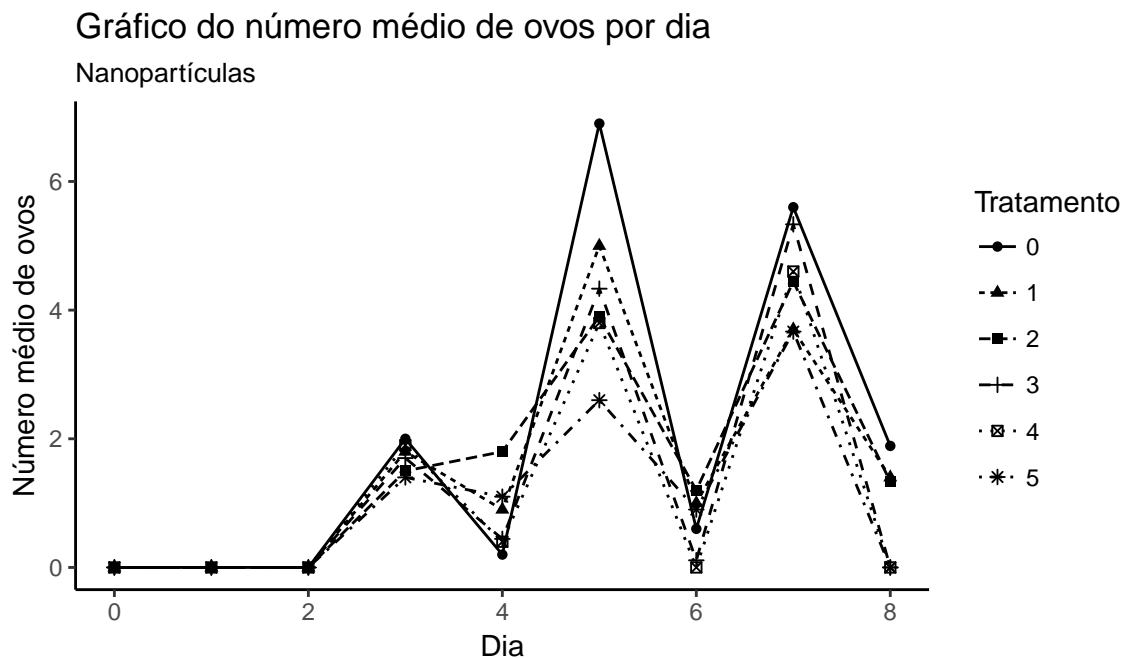


Figura 4: lala

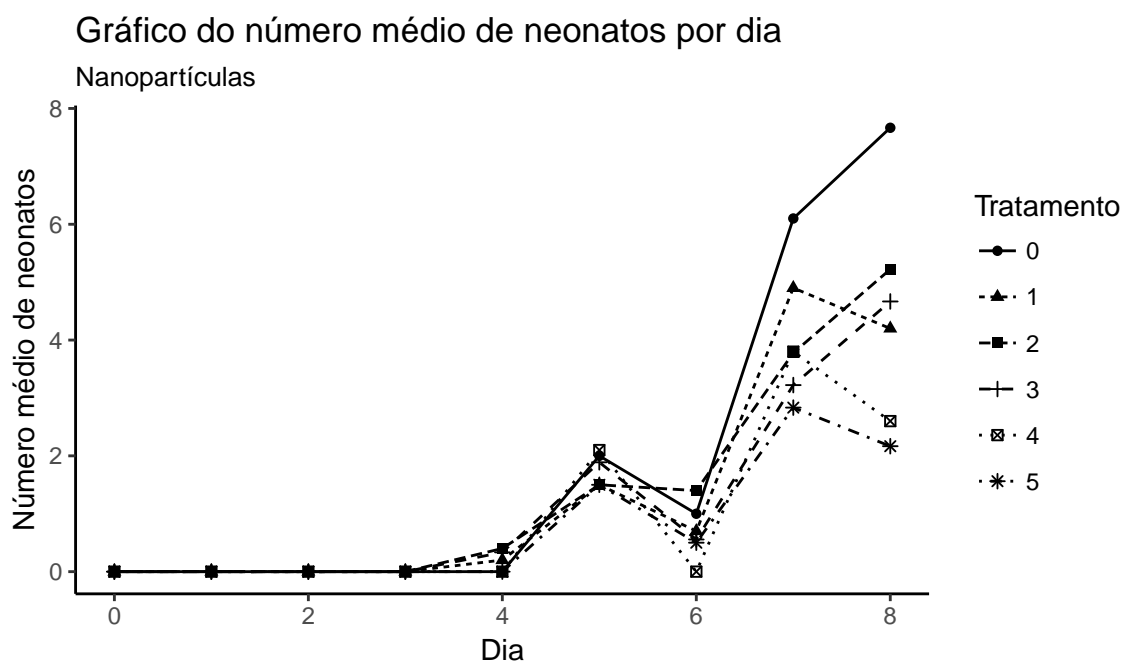


Figura 5: lala

## Sal de zinco

Assim como no caso das nanopartículas, os boxplots do comprimento por dia (figura 4) e do gráfico de perfil médio (figura 6), exibem uma associação entre os valores do comprimento com o passar dos dias, ou seja, em geral ao longo dos dias aumenta-se o comprimento dos microcrustáceos. Além disso, também se verifica a característica de crescimento e possível estabilização do comprimento.

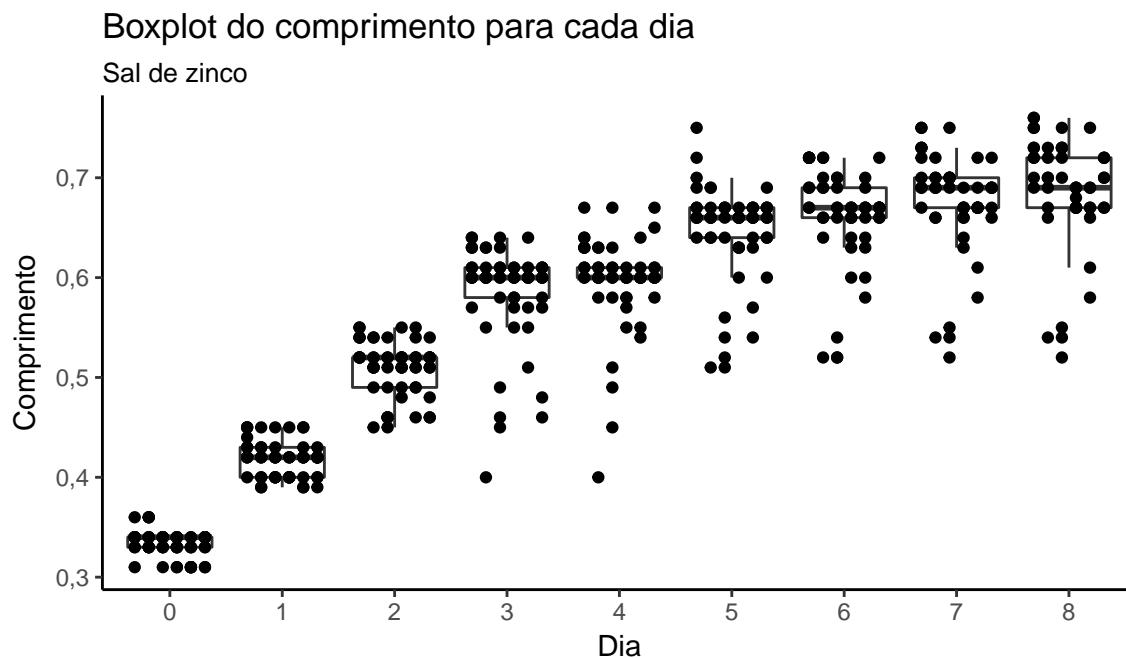


Figura 6: Boxplot do comprimento para cada dia para sal de zinco. De imediato, nota-se as seguintes características: à medida em que se passam os dias o comprimento dos microcrustáceos aumentam e a variabilidade do comprimento é diferente entre os dias. Observa-se grande variabilidade a partir do dia 3 até o dia 8 (deve-se ter cuidado ao comparar com a figura 1, pois naquele caso as concentrações de nanopartículas são diferentes das do sal de zinco). Assim como anteriormente, as medidas dos comprimentos são muito próximas. Caso os pontos nos boxplots fossem localizados no centro haveria a sobreposição destes e poderia gerar algum confundimento. Note que neste caso, o interesse é simplesmente avaliar o crescimento nos dias independente do tratamento.

Pela observação dos boxplots por dia e tratamento (figura 5) é possível destacar não somente o aumento do comprimento como também diferentes taxas de crescimento do comprimento nos diferentes tratamentos. Por exemplo, observa-se pela figura 5, que a maneira pela qual ocorre o aumento do comprimento no tratamento 0 (controle) é maior ao longo dos dias e diferente quando comparado com o tratamento 5 (concentração de 0,09mg/L de sal de zinco).

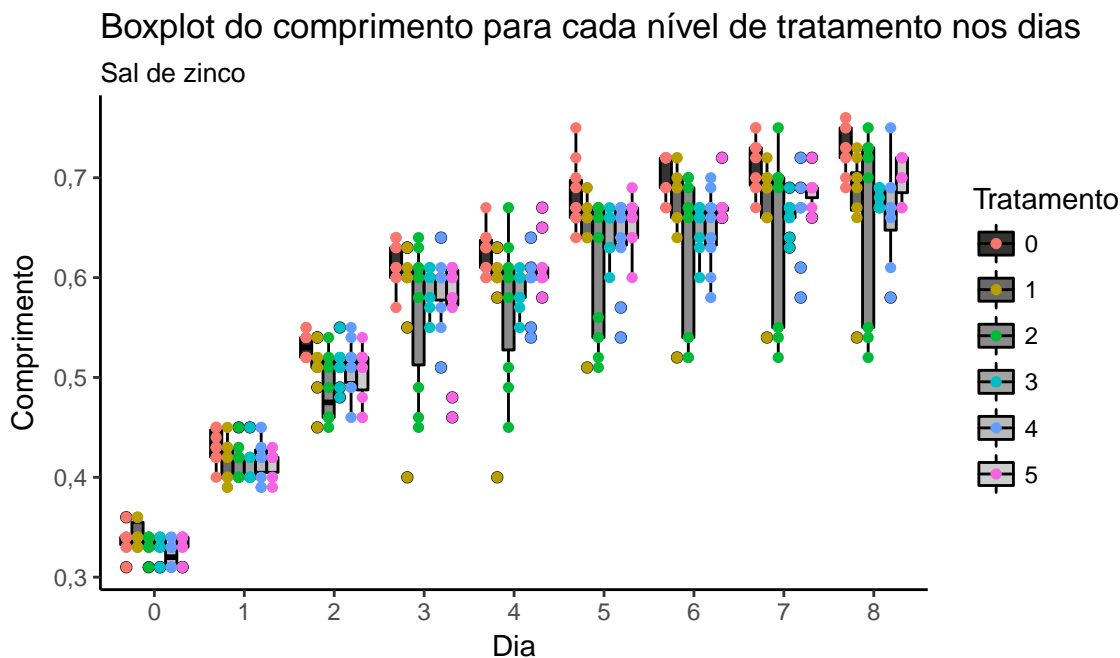


Figura 7: Boxplot do comprimento para os níveis de tratamentos nos dias para sal de zinco. Assim como mencionado na descrição do banco de dados, na seção anterior, o tratamento 0 refere-se ao controle, o tratamento 1 refere-se à concentração 0,006mg/L, o tratamento 2 à 0,01mg/L, o tratamento 3 à 0,02mg/L, o tratamento 4 à 0,04mg/L e o tratamento 5 à 0,09mg/L. As cores na escala cinza dos boxplots indicam, do mais escuro (controle) ao mais claro (maior concentração), as diferentes concentrações de sal de zinco. Em geral, o comprimento do grupo controle é maior dentro de cada dia e no decorrer dos dias. Assim como o gráfico anterior, não só a estrutura de variabilidade entre os dias é diferente, mas também observa-se que para o mesmo dia há variação do comprimento para os diferentes tratamentos e isso percorre ao longo dos dias.

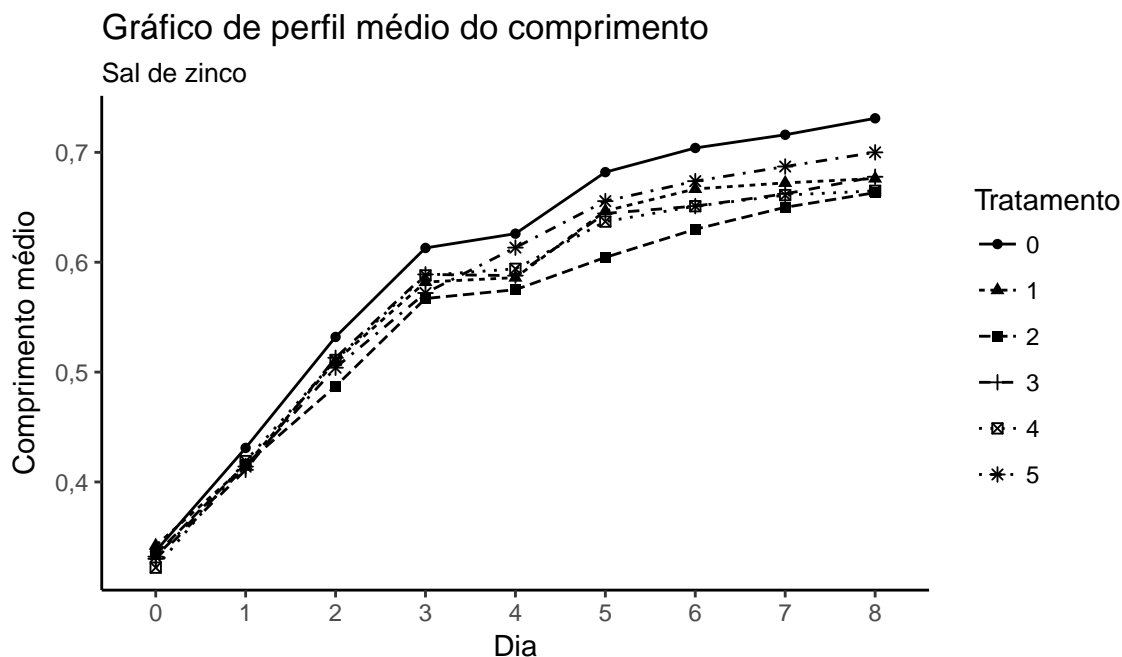


Figura 8: Gráfico de perfil médio do comprimento para nanopartículas. Nota-se que para o controle, referido como tratamento 0, o comprimento médio para os diferentes dias é superior quando comparado com os diferentes tratamentos. Observe que o tratamento 5 (0,09mg/L de sal de zinco) supera o comprimento médio dos demais tratamentos (1-4) a partir do 4 dia, abaixo somente do controle. Além disso, observe que o tratamento 2 (0,01 mg/L de sal de zinco) no decorrer dos dias possui o menor comprimento médio.

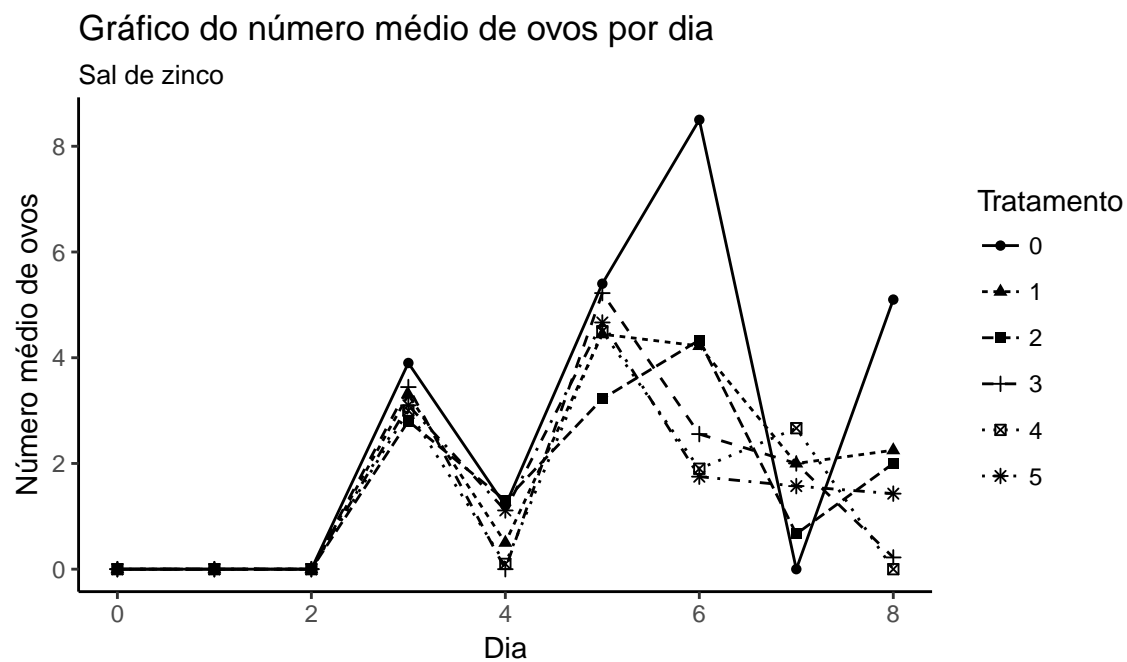


Figura 9: lala

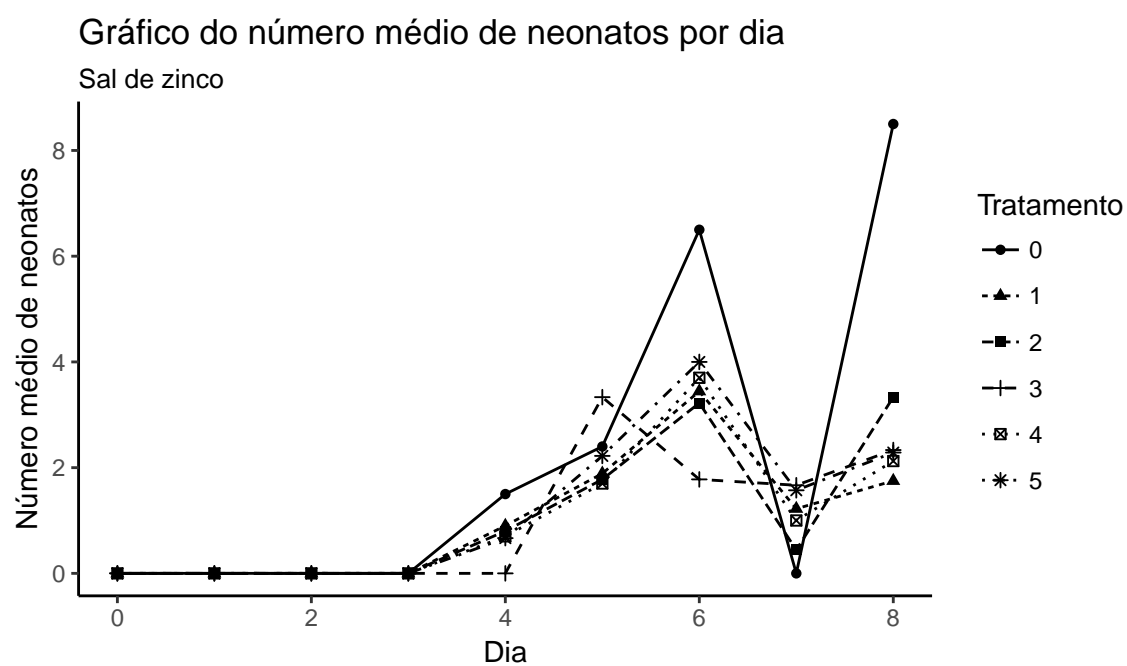


Figura 10: lala



Tratamento	Dia	Média	Variância	Mínimo	Máximo	Mediana
0	0	0,37	0,0002	0,34	0,40	0,37
0	1	0,44	0,0002	0,42	0,46	0,45
0	2	0,52	0,0012	0,43	0,55	0,52
0	3	0,61	0,0025	0,48	0,67	0,61
0	4	0,63	0,0014	0,55	0,69	0,63
0	5	0,71	0,0026	0,58	0,75	0,71
0	6	0,74	0,0014	0,67	0,81	0,74
0	7	0,76	0,0016	0,67	0,81	0,76
0	8	0,76	0,0016	0,67	0,82	0,76
1	0	0,34	0,0004	0,31	0,39	0,34
1	1	0,42	0,0010	0,37	0,49	0,42
1	2	0,49	0,0005	0,46	0,52	0,49
1	3	0,56	0,0023	0,49	0,64	0,56
1	4	0,59	0,0018	0,52	0,67	0,60
1	5	0,66	0,0030	0,58	0,75	0,67
1	6	0,68	0,0017	0,61	0,75	0,69
1	7	0,71	0,0015	0,66	0,76	0,70
1	8	0,73	0,0012	0,66	0,76	0,75
2	0	0,35	0,0004	0,33	0,39	0,35
2	1	0,43	0,0004	0,39	0,46	0,42
2	2	0,49	0,0004	0,45	0,52	0,49
2	3	0,54	0,0062	0,36	0,60	0,58
2	4	0,61	0,0013	0,56	0,67	0,60
2	5	0,68	0,0007	0,63	0,73	0,67
2	6	0,69	0,0005	0,66	0,72	0,69
2	7	0,73	0,0003	0,70	0,75	0,73
2	8	0,74	0,0001	0,72	0,75	0,75
3	0	0,34	0,0002	0,33	0,37	0,34
3	1	0,42	0,0002	0,40	0,45	0,42
3	2	0,50	0,0002	0,48	0,52	0,50
3	3	0,56	0,0021	0,49	0,61	0,57
3	4	0,58	0,0006	0,54	0,61	0,58
3	5	0,63	0,0016	0,54	0,67	0,63
3	6	0,64	0,0006	0,61	0,67	0,64
3	7	0,68	0,0013	0,64	0,73	0,67
3	8	0,72	0,0009	0,66	0,76	0,73
4	0	0,34	0,0005	0,31	0,37	0,34
4	1	0,41	0,0004	0,39	0,45	0,41
4	2	0,48	0,0005	0,45	0,52	0,48
4	3	0,55	0,0024	0,48	0,61	0,56
4	4	0,57	0,0006	0,55	0,61	0,57
4	5	0,66	0,0009	0,60	0,70	0,66
4	6	0,67	0,0004	0,64	0,70	0,67
4	7	0,70	0,0008	0,67	0,75	0,69
4	8	0,71	0,0012	0,67	0,76	0,70
5	0	0,35	0,0003	0,31	0,37	0,36
5	1	0,42	0,0003	0,39	0,45	0,42
5	2	0,50	0,0002	0,48	0,52	0,50
5	3	0,54	0,0016	0,49	0,60	0,56
5	4	0,57	0,0003	0,55	0,60	0,57
5	5	0,62	0,0015	0,55	0,67	0,64
5	6	0,65	0,0010	0,60	0,70	0,67
5	7	0,67	0,0010	0,61	0,70	0,67
5	8	0,68	0,0025	0,61	0,75	0,67

Tabela 1: Tabela resumo, para nanopartículas, dos valores do comprimento para os dias nos diferentes tratamentos. Note que o comportamento do comprimento médio ao longo dos dias pode ser visualizado pelo gráfico de perfil médio, na figura 3.

Tratamento	Dia	Média	Variância	Mínimo	Máximo	Mediana
0	0	0.34	0.0002	0.31	0.36	0.34
0	1	0.43	0.0003	0.40	0.45	0.43
0	2	0.53	0.0002	0.52	0.55	0.53
0	3	0.61	0.0005	0.57	0.64	0.61
0	4	0.63	0.0005	0.60	0.67	0.63
0	5	0.68	0.0011	0.64	0.75	0.67
0	6	0.70	0.0005	0.67	0.72	0.72
0	7	0.72	0.0007	0.67	0.75	0.72
0	8	0.73	0.0006	0.69	0.76	0.73
1	0	0.34	0.0002	0.33	0.36	0.34
1	1	0.41	0.0004	0.39	0.45	0.42
1	2	0.51	0.0007	0.45	0.54	0.51
1	3	0.58	0.0046	0.40	0.63	0.60
1	4	0.59	0.0045	0.40	0.63	0.60
1	5	0.65	0.0029	0.51	0.69	0.66
1	6	0.67	0.0038	0.52	0.72	0.69
1	7	0.67	0.0028	0.54	0.72	0.69
1	8	0.68	0.0036	0.54	0.73	0.69
2	0	0.33	0.0001	0.31	0.34	0.34
2	1	0.42	0.0003	0.40	0.45	0.42
2	2	0.49	0.0011	0.45	0.54	0.47
2	3	0.57	0.0052	0.45	0.64	0.60
2	4	0.57	0.0048	0.45	0.67	0.60
2	5	0.60	0.0049	0.51	0.67	0.64
2	6	0.63	0.0062	0.52	0.70	0.67
2	7	0.65	0.0076	0.52	0.75	0.70
2	8	0.66	0.0092	0.52	0.75	0.72
3	0	0.33	0.0001	0.31	0.34	0.33
3	1	0.41	0.0003	0.40	0.45	0.40
3	2	0.51	0.0004	0.48	0.55	0.52
3	3	0.59	0.0004	0.55	0.61	0.60
3	4	0.59	0.0004	0.55	0.61	0.60
3	5	0.64	0.0005	0.60	0.67	0.66
3	6	0.65	0.0006	0.60	0.67	0.66
3	7	0.66	0.0003	0.63	0.69	0.67
3	8	0.68	0.0001	0.67	0.69	0.67
4	0	0.32	0.0002	0.31	0.34	0.32
4	1	0.42	0.0005	0.39	0.45	0.42
4	2	0.51	0.0007	0.46	0.55	0.52
4	3	0.59	0.0013	0.51	0.64	0.60
4	4	0.59	0.0008	0.54	0.64	0.60
4	5	0.64	0.0021	0.54	0.67	0.66
4	6	0.65	0.0015	0.58	0.70	0.67
4	7	0.66	0.0017	0.58	0.72	0.67
4	8	0.67	0.0027	0.58	0.75	0.67
5	0	0.33	0.0002	0.31	0.34	0.34
5	1	0.41	0.0002	0.39	0.43	0.42
5	2	0.50	0.0008	0.46	0.54	0.52
5	3	0.57	0.0031	0.46	0.61	0.60
5	4	0.61	0.0008	0.58	0.67	0.60
5	5	0.66	0.0007	0.60	0.69	0.66
5	6	0.67	0.0004	0.66	0.72	0.67
5	7	0.69	0.0004	0.66	0.72	0.69
5	8	0.70	0.0005	0.67	0.72	0.70

Tabela 2: Tabela resumo, para o sal de zinco, dos valores do comprimento para os dias nos diferentes tratamentos. Note que o comportamento do comprimento médio ao longo dos dias pode ser visualizado pelo gráfico de perfil médio, na figura 6.