PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MICROBIOLOGIA APLICADA

REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS EM EFLUENTES SIMULADOS POR COAGULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE

ARTUR BLIKSTAD MAURO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada)

Maio / 2016

REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS EM EFLUENTES SIMULADOS POR COAGULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE

ARTUR BLIKSTAD MAURO

Orientador: Prof. Dr. Ederio Dino Bidoia

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada)

Rio Claro – SP

Maio/2016

604.6 Mauro, Artur
M457r Remoção de corantes têxteis em efluentes simulados por coagulação e avaliação de toxicidade / Artur Mauro. - Rio Claro, 2016
99 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Ederio Dino Bidoia

1. Resíduos. 2. Teste de toxicidade. 3. Efluente têxtil simulado. 4. Saccharomyces cerevisiae. 5. Artemia salina. 6. Testes com sementes. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: REMOÇÃO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL POR PROCESSOS DE COAGULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE COM Saccharomyces cerevisiae, Artemia salina, Lactuca sativa, Eruca sativa e Cucumis sativus

AUTOR: ARTUR BLIKSTAD MAURO
ORIENTADOR: EDERIO DINO BIDOIA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (MICROBIOLOGIA APLICADA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EDERIO DINO BIDOIA
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / IB Rio Claro

Prof. Dr. CARLOS RENATO CORSO
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / IB Rio Claro

Prof. Dr. PETERSON BUENO DE MORAES
Faculdade de Tecnologia - UNICAMP

Rio Claro, 19 de maio de 2016

TITULO ALTERADO PARA: REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS EM EFLUENTES SIMULADOS POR COAGULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TOXIDADE

À minha família e a Deus:

meu pai Judson da Costa Mauro, minha mãe Vivien Astrid Blikstad minha namorada

Aline Juca de Araujo; pelo incentivo, dedicação, companheirismo e amor.

Rio Claro, junho de 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Ederio Dino Bidoia pelos conhecimentos transmitidos, tempo dedicado na orientação e horas de conversa.

A CNPq pelo auxílio financeiro.

Ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP / Rio Claro) pela infraestrutura.

Ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada) pelo apoio e confiança.

Aos tecnicos de laboratorio Adriano Uemura de Faria, José Roberto (Beto), pela assistência e ajudas necessárias.

Aos amigos e colegas do Laboratório Ana Paula, Gabriela, Jaqueline, Marina, Renato e Rubens que foram fundamentais neste periodo de aprendizagem.

Aos meus amigos da Republica Repingaiada que me aceitaram e me ajudaram a me instalar na cidade.

Ao meu amigo Paulo Jacob Scolfaro que me ajudou a superar minhas limitações e concluir muitas realizações durante este periodo.

A minha namorada Aline Juca de Araujo que me mostrou e estimulou a construir um caminho para desenvolver minha melhor versão.

Aos meus amigos Guilherme Luz, Isabela kogin, Fernando Rodarte, Hengli, Janaina, Joana, Sebastian, pela amizade mesmo longe.

Pai, Mãe, Alexandre e Andreas, Obrigado!

Resiliência: *Capacidade do indivíduo lidar com problemas, superar obstáculos ou resistir à pressão de situações adversas*

RESUMO

A escassez de água potável está sempre em foco por ser um pré-requisito para a vida. Nas grandes cidades é evidente como uma preocupação que determina a vida de bilhões de cidadãos, sendo um recurso que movimenta a economia e a saúde pública. É fundamental nas indústrias movimentando a economia, e muitas vezes ao sair delas, como efluente, não é submetida aos tratamentos necessários antes de ser devolvida aos cursos hídricos, dos quais primeiramente foi retirada. Este trabalho visa aprimorar os métodos de remoção de corante Acid Red 114 e Acid Blue 40 do efluente de indústrias têxteis com o uso do processo de coagulação e floculação. Uma vez que os efluentes não tratados geram problemas ecológicos, com um grande impacto ambiental, seu tratamento é fundamental para evitar a contaminação de nossos mananciais. O método escolhido de tratamento foi o de coagulação/floculação por ser amplamente empregado em ETE (Estações de Tratamento de Efluentes) e possuir uma boa eficiência e baixo custo. Com o uso da espectrofotometria e testes de toxicidade foi avaliada a eficiência deste tratamento. Nos testes de toxicidade com *S. cerevisiae* na mistura dos corantes, Acid Blue 40 com Acid Red 114, mostraram que as leveduras são resistentes as concentrações as quais foram expostas. Nos testes de toxicidade com *Artemia salina* na mistura dos corantes, Acid Blue 40 com Acid Red 114, mostraram uma mortalidade de 23,33% na concentração de 0,100 g L^{-1}. Esta sensibilidade maior dos organismos expostos a combinação dos corantes é notada quando comparada com os organismos expostos aos corantes isolados. As sementes expostas a combinações dos corantes mostraram uma mortalidade similar as sementes expostas aos corantes isolados.

Palavras-chave: teste de toxicidade; efluente têxtil simulado; *Saccharomyces cerevisiae*; *Artemia salina*; toxicidade com sementes.

ABSTRACT

The shortage of drinking water is always in focus to be a prerequisite for life. In large cities it is evident as a concern that determines the lives of billions of people, and a feature that moves the economy and public health. It is essential in industries moving the economy, and many of them times out as effluent is not subjected to the necessary treatments before being returned to watercourses, which was first removed. This research aims to improve the stain removal methods Acid Red 114 and Acid Blue 40 from the effluent from textiles with the use of coagulation and flocculation process. Since untreated effluents generate ecological problems, with a large environmental impact, its treatment is essential to prevent contamination of our water sources. The chosen method of treatment was the coagulation / flocculation to be widely used in wastewater treatment plants (wastewater treatment plants) and have a good efficiency and low cost. With the use of spectrophotometry and toxicity tests evaluated the efficacy of this treatment. toxicity tests with S. cerevisiae in the mixture of dyes, Acid Blue 40 with Acid Red 114, showed that yeast concentrations which were exposed are tough. In toxicity tests with *Artemia salina* in the mixture of dyes, Acid Blue 40 with Acid Red 114, showed a mortality of 23.33% at a concentration of 0.100 g L-1. This increased sensitivity of the organisms exposed to the combination of dyes is noted when compared with organisms exposed to the isolated dye. Seeds exposed to combinations of dyes showed similar mortality seeds exposed to the isolated dye.

Keywords: toxicity test; simulated textile effluent; *Saccharomyces cerevisiae*; *Artemia salina*; toxicity using seeds.

.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Estrutura química dos corantes Acid Blue 40.
Figura 02: Estrutura química dos corantes Acid Red 114.
Figura 03: Demonstra os corantes Acid Red 114 e Acid Blue 40 nos valores de pH: 5,00; 6,00; 6,50; 7,00 e 8,00 em solução 0,100 g L^{-1}.
Figura 04: Representa a disposição que os testes foram realizados com as diferentes soluções de corantes.
Figura 05: A disposição das sementes, nas placas, em linhas paralelas contendo em sequência 3,4,6,4,3. Na placa **a**: semente de alface (*Lactuca sativa*), placa **b**: semente de rúcula (*Eruca sativa*) e na placa **c**: semente de pepino (*Cucumis sativus*).
Figura 06: Disposição do aquário para a eclosão das Artemias.
Figura 07: A varredura do espectro do corante Acid Red 114, 0,100 g L^{-1} em pH 7,00, nos comprimentos de onda variando entre 400,0 e 800,0 nm, em Cubeta de quartzo e caminho ótico de 1 cm.
Figura 08: Reta padrão estabelecida com a leitura da absorbância das diferentes diluições do corante Acid Red 114, pH 7,00, no comprimento de onda de 505,0 nm.
Figura 09: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções Acid Red 114 após ação do coagulante PAC.
Figura 10: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções Acid Red 114 após ação do coagulante SAIFL.
Figura 11: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções de Acid Red 114 após ação do coagulante SAF.
Figura 12: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções de Acid Red 114 após ação do coagulante CF.
Figura 13 a: Concentrações remanescentes das soluções Acid Red 114 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **A** em mg mL^{-1} **Figura 13 b**: Concentrações remanescentes das soluções Acid Red 114 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **B** em mg mL^{-1}.
Figura 14: A varredura do espectro do corante Acid Blue 40, 0,100 g L^{-1} em pH 7,00, nos comprimentos de onda variando entre 400,0 e 800,0 nm, em Cubeta de quartzo e caminho ótico de 1 cm.
Figura 15: Reta padrão estabelecida com a leitura da absorbância das diferentes diluições do corante Acid Blue 40, pH 7,00, no comprimento de onda de 614,5 nm.
Figura 16: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante PAC.
Figura 17: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante SAIFL.
Figura 18: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante SAF.
Figura 19: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante CF.
Figura 20 a: Concentrações remanescentes das soluções Acid Blue 40 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **A** em mg mL^{-1}. **Figura 20 b**: Concentrações remanescentes das soluções Acid Blue 40 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **B** em mg mL^{-1}.

Figura 21: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de alface em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Red 114 em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 22: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 23: Índice de germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 24: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 25: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de pepino em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Red 114 em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 26: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 27: Índice de germinação das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 28: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de pepino em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 29: A média, da triplicata, do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de rúcula. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e a sequência das concentrações de Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 30: A média, da triplicata, da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 31: Índice de germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 32: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114 de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 33: Porcentagem de leveduras que se mantiveram vivas nas medias das triplicatas de cada tratamento, controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 34: Media dos organismos vivos nos experimentos em triplicata em cada tratamento, controle positivo (C+) controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 8,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 35: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de alface em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e

uma sequência das concentrações de Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 36: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 37: Índice de germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40 de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 38: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de alface em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 39: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de pepino em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 40: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 41: Índice de germinação das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 42: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de pepino em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 43: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de rúcula em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Blud 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 44: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 45: Índice de germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 46: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 47: Porcentagem de leveduras que se mantiveram vivas nas medias das triplicatas de cada tratamento, controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 48: Media dos organismos vivos nos experimentos em triplicata em cada tratamento, controle positivo (C+) controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 8,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 49: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de alface em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações da mistura das soluções Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Figura 50: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações das diluições da mistura das soluções Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 51: Índice de germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 52: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de alface em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 53: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de pepino em triplicata. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações da mistura das soluções dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114 de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 54: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 55: Índice de germinação das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 56: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de pepino em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 57: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de rúcula em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações da mistura das soluções Acid Blud 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 58: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 59: Índice de germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 60: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.
Figura 61: Porcentagem de leveduras que se mantiveram vivas nas medias das triplicatas de cada tratamento, controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tipos de corante e mecanismos de fixação (adaptada de GUARATINI & ZANONI, 2000).

Tabela 02: Os diferentes volumes hidróxido de sódio 0,10 M para compensar a variação de pH dos efluentes simulados de Acid Red 114 mensuradas no tratamento **A** e usados no tratamento **B** para os coagulantes PAC, SAIFL, SAF e CF em uL (com 14 gotas mL^{-1} temos 71,4 uL/gota).

Tabela 03: Os diferentes volumes hidróxido de sódio 0,10 M para compensar a variação de pH dos efluentes simulados de Acid Blue 40 mensuradas no tratamento **A** e usados no tratamento **B** para os coagulantes PAC, SAIFL, SAF e CF em uL (com 14 gotas mL^{-1} temos 71,4 uL/gota).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16

2. OBJETIVOS 18

2.1. Os objetivos gerais 18

2.2. Objetivos específicos 18

3. REVISÃO DA LITERATURA 19

3.1. Água e a atividade humana 19

3.2. Indústria têxtil 19

3.3. Corantes têxteis 21

3.4. Processo de Coagulação – Floculação 22

3.4.1. Coagulação 22

3.4.2. Floculação 23

3.5. Ecotoxicidade 23

4. MATERIAL E MÉTODOS 24

4.1. Reagentes 24

4.2. Preparação do efluente têxtil simulado 25

4.3. Espectro UV-VIS dos corantes Acid Red 114 e Acid Blue 40 25

4.4. Reta padrão 26

4.5. Testes dos coagulantes com polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) 27

4.6. Testes de toxicidade 29

4.6.1. Teste de toxicidade com sementes de *Lactuva sativa*, *Eruca sativa* e *Cucumis sativus* 29

4.6.2. Teste de toxicidade com *Saccharomyces cerevisiae* 33

4.6.3. Bioensaio de toxicidade com microcrustáceo *Artemia salina* .34

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....36

5.1. Acid Red 114: Espectro UV-VIS do corante e sua reta padrão 36

5.2. Acid Red 114: Testes com os coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) dos valores de pH 37

5.2.1. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante PAC em corante Acid Red 114 37

5.2.2. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAIFL em corante Acid Red 114 38

5.2.3. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAF em corante Acid Red 114 39

5.2.4. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante CF em corante Acid Red 114 40

5.2.5. Eficiência dos coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) em diferentes pH na remoção do corante Acid Red 114 41

5.3. Acid Blue 40: Espectro UV-VIS do corante e sua reta padrão 43

5.4. Acid Blue 40: Testes com os coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) dos valores de pH 44

5.4.1. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante PAC em corante Acid Blue 40 44

5.4.2. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAIFL em corante Acid Blue 40 45

5.4.3. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAF em corante Acid Blue 40 46

5.4.4. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante CF em corante Acid Blue 40 47

5.4.5. Eficiência dos coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) em diferentes pH na remoção do corante Acid Blue 40 48

5.5. Testes de toxicidade Acid Red 114 50

5.5.1. Teste de toxicidade com corante Acid Red 114, Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de Alface promovida em diferentes concentrações do corante 50

5.5.2. Teste de toxicidade com corante Acid Red 114, Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de pepino promovida em diferentes concentrações do corante 53

5.5.3. Teste de toxicidade com corante Acid Red 114, Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de rúcula promovida em diferentes concentrações do corante 57

5.5.4. Teste de toxicidade do corante Acid Red 114 com *S. cerevisiae* 61

5.5.5. Bioensaio de toxicidade do corante Acid Red 114 com microcrustáceo *Artemia salina* 62

5.6. Testes de toxicidade Acid Blue 40 63

5.6.1. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de Alface promovida em diferentes concentrações do corante 63

5.6.2. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de pepino promovida em diferentes concentrações do corante 67

5.6.3. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de rúcula promovida em diferentes concentrações do corante 71

5.6.4. Teste de toxicidade do corante Acid Blue 40 com *S. cerevisiae* 75

5.6.5. Bioensaio de toxicidade do corante Acid Blue 40 com microcrustáceo *Artemia salina* 76

5.7. Testes de toxicidade Mistura Acid Blue 40 e Acid Red 114 77

5.7.1. Teste de toxicidade com corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de alface promovida em diferentes concentrações do corante 77

5.7.2. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de pepino promovida em diferentes concentrações do corante 81

5.7.3. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de rúcula promovida em diferentes concentrações do corante 85

5.7.4. Teste de toxicidade do corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 com *S. cerevisiae* 89

5.7.5. Bioensaio de toxicidade do corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 com microcrustáceo *Artemia salina* 90

6. CONCLUSÃO 92

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95

1. INTRODUÇÃO

Diariamente uma variedade de poluentes é despejada pela sociedade nos mananciais que abastecem a comunidade, sendo esta água muitas vezes não tratada adequadamente o que agrega um risco sócio-ambiental nesta prática (ABREU et al., 2008). De acordo com informações da Organização das Nações Unidas o uso da água aumentou duas vezes mais do que a taxa de crescimento populacional e quase metade das áreas cobertas com agua doce do planeta se perdeu durante este período, o que atribui uma importância no manejo das reservas de água que nos restam (POLLI et al., 2009).

Somado ao esgoto doméstico que em grande parte do país ainda não é tratado de forma adequada existe também um grande problema da poluição causada pelos efluentes industriais. Diariamente milhares de litros de água são contaminados com resíduos de natureza orgânica e inorgânica, através do sistema de esgoto, tais como tanino (efluente de curtume) dos efluentes têxteis (CETESB, São Paulo, 2004 e ABREU et al., 2008).

Sendo responsável por um volume considerável de agua contaminada, a indústria têxtil utiliza a agua em seus processos de beneficiamento e diluição de corantes (GEORGIOU et al., 2002). Esta água descartada diariamente é impropria tanto para consumo humano, quanto para a sobrevivência das espécies encontradas nos rios. Causando um desequilíbrio ambiental que resulta na redução da fotossíntese devido as alterações na turbidez de água (CATANHO et al., 2006), danos nas guelras e brânquias, e perturbações em locais de desova e alterações na solubilidade dos gases (ZANONI & CARNEIRO, 2001).

Nestes efluentes podem ser muitas vezes encontradas toxinas com caráter acumulativo na cadeia trófica (ZANONI & CARNEIRO, 2001), assim como em muitas vezes substâncias tóxicas mutagênicas, carcinogênicas e metais pesados em quantidades significativas (AKYOL & BAYRAMOGLU, 2005). Com apenas o número de corantes carcinogênicos podendo chegar a 3000 (DELLAMATRICE, 2005; CATANHO et al., 2006).

Sendo o processo de coagulação uma etapa de grande importância no tratamento da água bruta recebida pelas estações de tratamento de efluentes (ETE) é fundamental para garantir a pureza e potabilidade da água. E com o

desenvolvimento de novos coagulantes químicos que possuem maior eficiência é possível aumentar a capacidade da ETE ou melhorar a qualidade da água (SANTOS, 2011) de acordo com a resolução do CONAMA (2005).

2. OBJETIVOS

2.1. Os objetivos gerais

Os objetivos gerais são:

- Remoção de corante Acid Red 114 e Acid Blue 40 por tratamentos físico-químicos utilizando coagulantes e comparação de toxicidade microbiológica e de sementes do efluente tratado e não tratado.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Remoção do corante Acid Red 114 pelo coagulante policloreto de alumínio (PAC), cloreto férrico (CF), sulfato de alumínio isento de ferro liquido (SAIFL), sulfato de alumínio ferroso (SAF) e polímeros aniônicos;

- Remoção do corante Acid Blue 40 pelo coagulante policloreto de alumínio (PAC), cloreto férrico (CF), sulfato de alumínio isento de ferro liquido (SAIFL), sulfato de alumínio ferroso (SAF) e polímeros aniônicos;

- Remoção dos corantes combinados; Acid Red 114 e Acid Blue 40 pelo coagulante policloreto de alumínio (PAC), cloreto férrico (CF), sulfato de alumínio isento de ferro liquido (SAIFL), sulfato de alumínio ferroso (SAF) e polímeros aniônicos;

- Avaliação ecotoxicológica do efluente tratado e não tratado em *Saccharomyces cerevisisiae, Artemia salina, Lactuca sativa*, *Eruca sativa* e *Cucumis sativus*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Água e a atividade humana

A disponibilidade de água é pré-requisito para a vida, e a vida humana não é exceção. Disponibilidade de água potável é atualmente um paradigma discutido no mundo todo. Com o crescimento da população e da industrialização ocorre a poluição dos recursos hídricos, um problema que em estimativas afeta aproximadamente 4 bilhões de pessoas, limitando o acesso a água limpa, matando milhões de pessoas por doenças de veiculação hídrica (Chong et al., 2010).

3.2. Indústria têxtil

A indústria têxtil é muito presente na sociedade atual, pois cada peça de roupa que usamos é produto de uma indústria têxtil. No Brasil essas empresas investem em tratamento para seus resíduos apenas por coerção de multas, e não necessariamente pela preocupação socioambiental, em regiões onde a indústria é forte ocorre escassez de água de acordo com estudo realizado por Abreu et al. (2008).

Os processos que as indústrias têxteis empregam são constituídos pelas etapas: Fiação, tecelagem e beneficiamento. No processo de fiação as fibras naturais ou sintéticas são convertidas em fios. Na tecelagem estes fios são rearranjados em padrões de tecidos propriamente dito. No beneficiamento são conduzidos processos que buscam melhorar ou alterar materiais têxteis para uma finalidade e é dividido em etapas. As etapas do processo de beneficiamento são: pré-tratamento, tingimento e acabamento final. No pré-tratamento as fibras são condicionadas para as etapas posteriores, uma vez que as fibras em seu estado natural possuem uma porcentagem de impurezas que atrapalham o processo de tingimento, e este pré-tratamento é responsável pela eliminação destas impurezas através de chamuscagem, desengomagem, purga, alvejamento, mercerização e secagem (KLASSEN, 2012).

Na chamuscagem é feita uma queima da penugem do pano por meio do contato direto da chama. Na desengomagem é removida a goma, para tornar o substrato têxtil mais absorvente. A purga, em processos têxteis, efetua a remoção de ceras naturais e óleos lubrificantes da matriz têxtil. No alvejamento,

ocorre a remoção de possíveis corantes naturais encontrados, por exemplo, na celulose. Esse tipo de procedimento é empregado especificamente quando se deseja obter um produto acabado branco. A mercerização tem como objetivos conferir brilho, aumentar a afinidade do corante com a matriz têxtil e obter resistência. É empregada em matriz têxtil com 100% de celulose (KLASSEN, 2012).

Após a secagem é feito a fixação do corante na matriz têxtil. Variações nas técnicas de fixação do corante no substrato têxtil podem ocorrer dependendo das características do corante, tipo de fibra têxtil e da técnica de aplicação (KLASSEN, 2012).

Quando o tecido fibroso é imerso na solução de corante as moléculas de corante são absorvidas na superfície da fibra e devido à difusão e aos canais capilares formados pelos espaçamentos das fibras essas partículas do corante então atingem os espaços entre as fibras e se ligam a elas. Essa ligação ocorre de duas formas, ou por forças de van der Waals ou por ligações de hidrogênio, resultando na retenção do corante pela fibra têxtil (KLASSEN, 2012).

Na etapa final, ou seja, o acabamento é onde são atribuídas características ao material têxtil que atendam às necessidades dos consumidores, garantindo maior resistência e durabilidade, com adição de fibras poliméricas não solúveis, ácidos graxos, bactericidas, ante mofo, entre outros (KLASSEN, 2012).

Dentre os resíduos resultantes desta produção têxtil temos os corantes dissolvidos em água que não foram absorvidos na etapa de tingimento. E efluente é muito problemática do ponto de vista ambiental caso seja descartado nos cursos hídricos pela sua coloração intensa, que provoca uma sequência de alterações no curso d'água (AL-DEGS et al., 2000, CATANHO et al., 2006).

Existe uma variedade de tratamentos para eliminar os corantes têxteis provindos dos efluentes industriais e despejados no curso d'água, com biodegradação e biosorção (AKSU, 2001, BEYDILLI et al., 2000, BERTAZZOLI & PELEGRINI, 2002), como processos físico-químicos tais como, processos eletrolíticos (PELEGRINI et al., 1999), oxidações usando UV (GEORGIOU et al., 2002, AKYOL & BAYRAMOGLU, 2005), peróxido de hidrogênio, sistema ferroso (ROBINSON et al., 1999), sistema fotoeletrolítico (SOUSA et al., 2011) e por coagulação – floculação (LICSKÓ et al.,1997, KAWAMURA, 1997).

E cada um deles possui suas vantagens e desvantagens. O que se busca hoje é elaborar um processo que seja rentável para purificar a água de forma abrangente e rentável.

3.3. Corantes têxteis

Existe uma extensa variedade de corantes têxteis com diferentes estruturas químicas. Na atualidade os corantes não são mais retirados de extratos de plantas, são na sua maioria sintéticos (FERRAZ, 2008). Estima-se que existam cerca de 8000 corantes têxteis (ZANONI & CARNEIRO, 2001). As moléculas de corante são divididas em duas regiões por função: uma que fornece a coloração desejada denominada cromóforo e a outra que fixa a molécula ao tecido (KUNZ et al., 2002). Quanto ao grupo cromóforo o mais conhecido é o grupo AZO que consiste em ligações N=N, e está presente em 60% dos corantes utilizados. Estima-se que a porcentagem desse tipo de corante que não se fixa as fibras e é liberado no efluente varia entre 10% e 30% (FERRAZ, 2008; AL-DEGS et al., 2000).

Para o grupo da fixação à fibra, existe uma divisão em grupos principais: reativos (os mais usados), ácidos, azoicos, diretos e de enxofre. A Tabela 1 elucida diferentes métodos de fixação do corante à fibra.

Tabela 01: Tipos de corante e mecanismos de fixação (adaptada de GUARATINI & ZANONI, 2000).

Tipo de Corante	Mecanismo de Fixação
Reativo	Forma ligações covalentes com as moléculas do tecido
Ácido	Corantes aniônicos portadores de grupos sulfônicos
Azóico	São compostos insolúveis em água, que através de um agente acoplador e de sais fica impregnado na fibra
Direto	Compostos solúveis em água se fixam através de interações de van der Waals
Enxofre	Compostos moleculares com pontes de polissulfetos insolúveis em água

3.4. Processo de Coagulação – Floculação

É um processo vital usado em estações de tratamento de efluentes (ETE) que caso não ocorra de forma apropriada pode resultar na perda total do tratamento (SANTOS, 2011).

Coagulação pode ser definida como um processo de desestabilização de coloides ou partículas e a floculação como um processo de agregação e neutralização, porém, geralmente esses processos ocorrem simultaneamente, donde vem à denominação de processo de coagulação-floculação (SANTOS, 2011).

Sendo processos geralmente realizados com sais de alumínio e ferro, tem a eficiência do processo dependente dos fatores: pH, concentração de metal da mistura e da quantidade de impurezas na água, agitação e outros (SANTOS, 2011; CARVALHO, 2008).

3.4.1. Coagulação

É resultado de dois fenômenos: o primeiro é químico, e consiste na formação de espécies hidrolisadas com carga positiva. O segundo é físico, e consiste no movimento para que ocorra o contato das espécies hidrolisadas com as impurezas presentes na água (SANTOS, 2011).

O processo de coagulação descreve o efeito produzido pela adição de um produto químico sobre uma dispersão coloidal, resultando na desestabilização das partículas através da redução das forças que tendem a manter as mesmas afastadas (BAUMANN, 1971).

A eficiência da coagulação depende do tipo de coagulante, sistemas coloidais que envolvem propriedades de superfície, potenciais elétricos, interações solvente-soluto, solvente-partículas, produtos de solubilidade, condições de pH da mistura e da velocidade de mistura (SANTOS, 2011).

O sistema de mistura rápida é uma parte importante para a etapa de coagulação. Seu propósito é dispersar rápida e uniformemente o coagulante por todo o meio líquido. Esse processo ocorre sob forte agitação e altos gradientes de velocidade. A eficiência da coagulação depende do tipo de coagulante, da dosagem do coagulante, e de uma mistura rápida adequada, pois a coagulação está relacionada com a formação dos primeiros complexos de cátions metálicos hidrolisados. Esta reação de hidrólise é muito rápida e, para haver a

desestabilização dos coloides, é indispensável à dispersão de alguns gramas de coagulante sobre toda a massa de água em um tempo muito curto, o que implica na necessidade de aplicá-lo em uma região de grande turbulência proporcionando uma distribuição uniforme do coagulante à água (AZEVEDO NETTO, 1976).

3.4.2. Floculação

É um processo no qual as partículas coloidais são colocadas em contato umas com as outras, de modo a permitir o aumento do seu tamanho físico, alterando, desta forma, a sua distribuição granulométrica (FURLAN, 2008).

Na floculação, procura-se o maior número possível de encontros e a formação de agregados maiores e mais densos (microflocos), que sejam eficientemente removidos por sedimentação ou filtração, ocorrendo em condições de agitação lenta (FURLAN, 2008).

O fenômeno da floculação é afetado por fatores como: pH; um pH entre 6 e 7 está numa variação efetiva para floculação com alumínio, mas sais de ferro como cloreto férrico e sulfato férrico fornecem uma variação maior de pH para a formação dos flocos. A concentração do coagulante, temperatura, alcalinidade, tipo e concentração de íons no meio líquido; heterogeneidade de uma suspensão em relação ao tipo, tamanho e fração de volume de partículas; e o tipo de reator incluindo o grau de mistura e a variação na escala e intensidade da turbulência são fatores que devem ser levados em consideração (ERNEST et al., 1995; AYOUB, 1996; MCCONHACHIE et al., 1999).

3.5 Ecotoxicidade

Testes de ecotoxicidade são utilizados para verificar a susceptibilidade em organismos-testes (BLAISE & KUSUI, 1997) quando estes estão em contato com alguma substância que apresenta toxicidade (KNIE & LOPEZ et al., 2004; CHASIN & PEDROZO, 2004; COSTA, 2001), que pode ser os efluentes, brutos ou tratados (LOPES et al., 2010). Há testes utilizando organismos testes como leveduras (PAINTING & KIRSOP, 1990) e sementes (SOBRERO & RONCO, 2008) e deve-se levar em conta a determinação do DL50 (VALADARES, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Reagentes

Os reagentes utilizados estão mostrados abaixo.

Corantes utilizados:

- Acid Blue 40 da Sigma-Aldrich 50%, fórmula igual a $C_{22}H_{16}N_3NaO_6S$, CAS Number 6424-85-7 e a massa molecular de 473,43 g mol^{-1}. É um corante ácido e contém o grupo cromóforo azo (Figura 01).

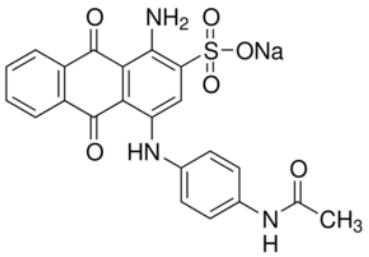

Figura 01: Estrutura química dos corantes Acid Blue 40.

- Acid Red 114 da Sigma-Aldrich 45%, fórmula igual a $C_{37}H_{28}N_4Na_2O_{10}S_3$, CAS Number 6459-94-5 e a massa molecular de 830,81 g mol^{-1}. É um corante ácido e contém o grupo cromóforo azo (Figura 02).

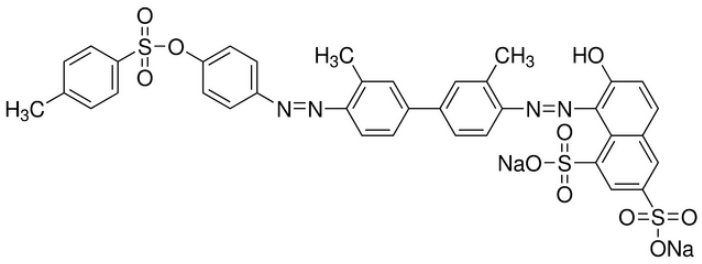

Figura 02: Estrutura química dos corantes Acid Red 114.

- Coagulante Sulfato de Alumínio Isento de Ferro Liquido (SAIFL) da Produtos Químicos Guaçu;
- Coagulante Sulfato de Alumínio Ferroso (SAF) da Produtos Químicos Guaçu;
- Coagulante Policloreto de Alumínio (PAC) da Produtos Químicos Guaçu;
- Coagulante Cloreto Férrico (CF) da Produtos Químicos Guaçu.

- Polímero Anionico da Polímeros Aniônicos Buckman Laboratórios Ltda;
- Cloreto de sódio P. A. (NaCl PM = 58,44);
- Carbonato de sódio anidro P.A. (Na_2CO_3 PM = 105,99);
- Solução de hidróxido de sódio 0,1 M;
- Solução de ácido sulfúrico 0,1 M.

4.2. Preparação do efluente têxtil simulado

O efluente têxtil simulado foi preparado em um volume de 1 litro como solução estoque. Para a preparação do efluente têxtil simulado foi utilizando 0,100 g de corante em 0,500 L de água desionizada. Esta solução foi aquecida até a dissolução total do corante. Para o Acid Red 114 utilizou-se 65ºC e para o Acid Blue 40 foi 70°C. A solução de Acid Red 114 (IAR) foi denominada de inicial, da mesma forma a solução de Acid Blue 40 (IAB) foi também denominada de inicial. Para a preparação do efluente misto, que é a mistura dos dois corantes, ou seja, o Acid Red 114 e o Acid Blue 40, foi utilizado 250 mL das soluções IAR e IAB combinadas em béquer de 1 L compondo uma solução IAR/IAB de 500 mL. Em outro béquer de 1 L contendo 400 mL de água desionizada adicionou-se 10,00 g de cloreto de sódio P. A. (NaCl PM = 58,44 da Vetec Química Fina lTDA) e de 1,32 g de carbonato de sódio anidro P.A. (Na_2CO_3 PM = 105,99 da Vetec Química Fina lTDA) até completa dissolução dos sais com agitação, sendo denominada solução salina (SS). As soluções preparadas são misturadas em um béquer de 2 L. Com a mistura das soluções o pH é corrigido para 7,00 com hidróxido de sódio ou ácido sulfúrico 0,1 M, e vertendo a solução do béquer em um balão volumétrico de 1,000 L e completado com água destilada até o menisco. As soluções preparadas são denominadas de efluente simulado com concentrações de 100 ppm.

4.3. Espectro UV-VIS dos corantes Acid Red 114 e Acid Blue 40

- Espectrofotômetro de UV-visível Shimadzu UV-2401 PC;
- Cubeta de quartzo com caminho ótico de 1 cm;
- Solução corante Acid Blue 40 pH 7,00 (0,1 g L^{-1});
- Solução corante Acid Red 114 pH 7,00 (0,1 g L^{-1}).

A composição e a conformação das moléculas dos corantes determinam suas interações com a luz. Através da leitura de diferentes comprimentos de onda, absorbâncias variadas são amostradas determinando uma identidade especifica para cada corante, devido aos grupos cromóforos que constituem as moléculas de cada corante. Para as características de cada corante uma amostra de cada corante foi utilizada em uma cubeta de quartzo.

Os espectros dos corantes foram determinados no espectrofotômetro, dentro do espectro visível entre os comprimentos de onda de 400,0 até 800,0 nm, com leituras em intervalos de 0,5 nm.

Fornecendo dados que conformam uma curvatura individualizada para cada corante. Esta curva apresenta um λ máximo, valor de absorbância que é identificado como um pico na absorbância dentro do espectro amostrado.

4.4. Reta padrão

Para estabelecer a reta padrão foi necessário fazer diluições, em duplicata, das soluções padrão. Partindo da concentração de 0,10 g L^{-1} para concentrações de 0,08; 0,06; 0,04 e 0,02 g L^{-1} e estabelecendo um gradiente de concentração. Com estas diluições em duplicata foram feitas as leituras da absorbância no comprimento de onda λ máximo, correspondente ao corante, nas diluições dos corantes. Utilizando este valor de absorbância a reta pode ser estabelecida ao realizar a varredura de absorbância de soluções com diluições da solução em concentração de 0,100 g L^{-1}.

Essas diluições foram realizadas em um balão volumétrico de 25,00 mL, ao mensurar o volume de corante em pipeta volumétrica de vidro e completar o volume com água desionizada, as amostras das diluições são feitas em duplicata.

Usando água desionizada como branco (controle) e as diluições da solução 0,100 g L^{-1} foi feita a leitura das absorbâncias no espectrofotômetro Shimadzu UV-2401 PC e seus valores colocados em uma reta padrão com o programa OriginPro 7.0, e foi determinada a equação da reta segundo a equação 01 a seguir:

$$Y = a + bX \qquad \textbf{Equação 01}$$

Onde: **a** é o coeficiente linear**; b** é o coeficiente angular da reta; **X** a concentração em g L^{-1} e **Y** absorbância amostrada.

4.5. Testes dos coagulantes com polímero aniônico (poliacrilamida aniônica)

Foi verificada a importância do pH na coagulação do efluente simulado para os coagulantes PAC, SAIFL, SAF e CF, assim como a alteração provocada pela adição dos reagentes, tornando fundamental acompanhar as mudanças e fazer ajustes compensatórios.

Ao verificar que os coagulantes, mesmo em volumes pequenos, ao serem adicionados provocam uma alteração grande no valor de pH do volume proposto de solução de 80 mL em concentração de 0,100 g L^{-1}, foi, então, necessário determinar os valores de pH mais adequado para cada um dos coagulantes, e assim, dois experimentos foram propostos, os testes A e B.

O teste A consistiu da mistura dos coagulantes e uma gota do polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) utilizando o agitador magnético Fisatom modelo 752 e acompanhamento da variação de pH provocada pela adição de 100 µL de cada um dos coagulantes com uma micropipeta da DIGPET e a aferição do volume em gotas de Na_2CO_3 utilizada para corrigir o pH. Foi realizada a contagem de gotas de Na_2CO_3, em solução de 1,0 Molar ou 105,99 g L^{-1}, necessárias para equilibrar os diferentes valores de pH dos corantes.

O teste B consistiu na adição simultânea do coagulante, uma gota do polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) e do volume de Na_2CO_3 aferida no teste A necessária para evitar alteração do pH da solução em concentração 0,100 g L^{-1} e, subsequente, agitação em mesa agitadora da Catel.

Para a realização dos testes A e B em diferentes valores de pH foi necessário fazer as diluições dos corantes, para o volume determinado da solução em concentração 0,100 g L^{-1}, Acid Red 114 e Acid Blue 40 nos valores de pH nos valores 5,00; 6,00; 6,50; 7,00 e 8,00, assim como mostra a Figura 03.

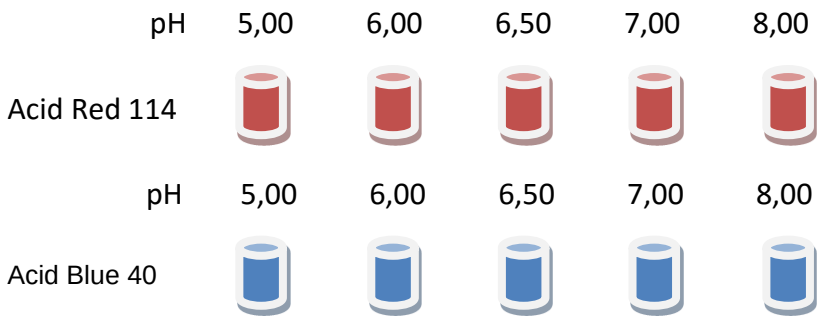

Figura 03: Demonstra os corantes Acid Red 114 e Acid Blue 40 nos valores de pH: 5,00; 6,00; 6,50; 7,00 e 8,00 em solução 0,100 g L^{-1}.

Para cada solução em concentração 0,100 g L^{-1} foi submetido os testes A e B utilizando os quatro diferentes coagulantes, ao distribuir 80 mL de cada solução em concentração 0,100 g L^{-1} em quatro béqueres de 200 mL, teste A, e quatro erlenmeyers de 200 mL, teste B, ambos numerados de 1 a 4, utilizando uma proveta de 100 mL, para ambos os corantes. A numeração serviu para orientar qual coagulante foi utilizado nos tratamentos A e B, sendo: 1 correspondente ao PAC; 2 corresponde ao CF; 3 corresponde ao SAF e o 4 corresponde ao SAIFL. A e B correspondem ao tipo de tratamento: A corresponde agitação magnética e B agitação por mesa agitadora da Catel, conforme a Figura 04.

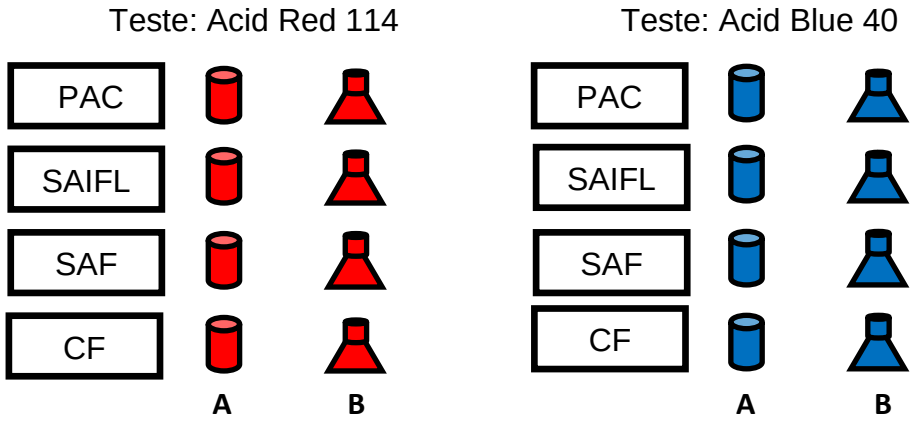

Figura 04: Representa a disposição que os testes foram realizados com as diferentes soluções de corantes.

Para cada teste foi usado um volume de 80 mL da solução em concentração 0,100 g L^{-1} em um béquer de 100 mL. Com um agitador magnético da SOLAB SL e as variações volumétricas dos coagulantes são diluídas

juntamente com volumes compensatórios de hidróxido de sódio 0,10 M, para que o pH não saia de seu valor ótimo de coagulação, pH de 6,5 a 7,0, até que a solução apresente coagulação. É então adicionado um volume de polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) com um volume compensatório de hidróxido de sódio 0,10 M. A agitação continuou por 30 minutos com formação de coagulado e floculado. Com um posterior tempo de 20 minutos para precipitação/decantação, após o termino da coagulação e floculação.

Com a solução tratada, uma alíquota foi retirada evitando o precipitado/decantado, e foi feita a leitura de sua absorbância no espectrofotômetro Hach DR 2500 dentro do comprimento de onda estabelecido como máximo. Para a solução conjugada IAR/IAB foram feitas duas leituras para cobrir seus comprimentos de onda de seus componentes.

O restante da solução foi pipetada evitando a sorção do precipitado/decantado para fazer os testes de toxicidade.

4.6. Testes de toxicidade

Foram realizados cronologicamente os testes. O primeiro teste realizado foi com as sementes das variedades de *Lactuca sativa, Eruca sativa, Cucumis sativus.* O segundo teste com *Saccharomyces cerevisisiae*. E o terceiro teste com *Artemia salina.*

Os testes consistiram inicialmente em submeter os organismos a diferentes concentrações de 0,100 g L^{-1} para determinar a inibição decorrente desta exposição. Uma vez que as soluções tratadas, com os diferentes coagulantes, apresentaram diferentes relações de concentração de corante dissolvido, e os testes de toxicidade determinam relações de toxicidades de uma variedade de concentrações dos corantes, foi possível vincular a remoção de corante promovida pelos diferentes coagulantes com a toxicidade das soluções tratadas.

4.6.1. Teste de toxicidade com sementes de *Lactuca sativa*, *Eruca sativa* e *Cucumis sativus*

Os testes, em placa de petri com sementes, foram realizados utilizando as sementes da ISLA® sem defensivos, nas variedades de *Lactuca sativa* - Alface SIMPSON SEMENTE PRETA - Lote: 34720-S2; *Eruca sativa* - Rúcula

CULTIVADA - lote: 32235-S2; *Cucumis sativus* - Pepino VERDE COMPRIDO - Lote: 34225-S2.

O teste de toxicidade com sementes foi realizado com amostras dos corantes em diferentes condições e foi baseado em teste descrito por Sobrero & Ronco (2008). Sendo verificada a inibição de crescimento das radículas das plântulas (ICR).

As placas foram previamente preparadas colocando-se uma folha de papel filtro em cada placa, embalando as placas em pares com folha de papel sulfite e autoclavando por 15 minutos para reduzir possíveis contaminações. Após a esterilização as placas foram retiradas da embalagem de papel sulfite e nomeadas em grupos de três segundo seu propósito.

Os testes e controles foram realizados em triplicata em condições iguais, com adição do volume de 3,0 mL das várias soluções por placa de petri, com o uso de pipetas graduadas, e condicionadas em câmara climática BOD a 21 ± 1ºC ao abrigo da luz por 72 horas. O controle positivo foi constituído de uma placa contendo papel filtro com 20 sementes da variedade em teste, e adicionado 3,0 mL de solução $ZnSO_4$ 0,05 N. E o controle negativo foi constituído de uma placa contendo papel filtro com 20 sementes da variedade em teste, e adicionado 3,0 mL de água desionizada.

As 20 sementes foram dispostas nas folhas de papel filtro, com o auxílio de uma pinça esterilizada, contendo em sequência 3, 4, 6, 4, 3, sementes cada, em linhas paralelas, como mostra a Figura 05.

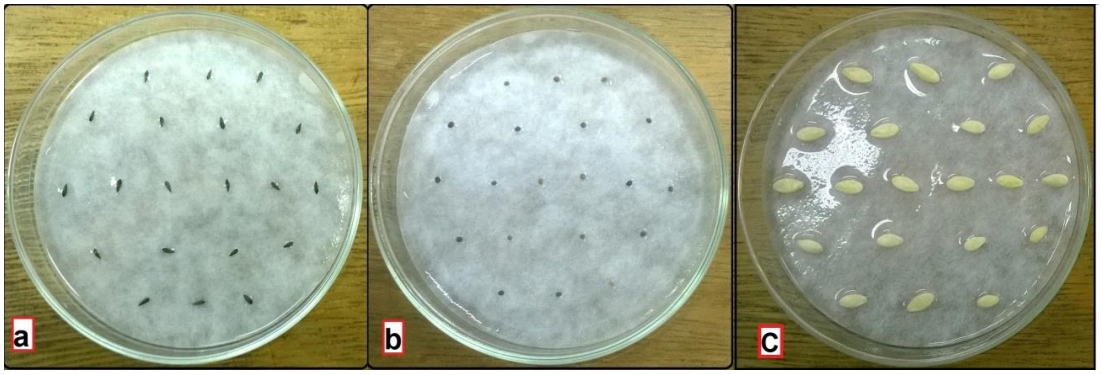

Figura 05: A disposição das sementes, nas placas, em linhas paralelas contendo em sequência 3,4,6,4,3. Na placa **a**: semente de alface (*Lactuca sativa*), placa **b**: semente de rúcula (*Eruca sativa*) e na placa **c**: semente de pepino (*Cucumis sativus*).

Uma vez que cada placa comporta 20 sementes e os testes foram realizados em triplicata, os resultados compreendem a leitura do comportamento de 60 sementes para cada condição submetida. Ao adicionar o volume de 3,0 mL eventualmente apareceram bolhas de ar sob a folha de papel filtro que foram eliminadas com o auxílio da pinça.

Após o período de 72 horas foram realizadas as leituras dos resultados com o auxílio de uma régua de 20 cm, uma pinça e uma folha branca para contrastar. Os resultados foram determinados pela capacidade de germinação e crescimento das radículas das plântulas (ICR).

Partindo da solução dos corantes, em concentração de 0,10 g L^{-1}, diluições foram feitas em um balão volumétrico de 50 mL, mensurando volumes da solução em proveta e completando o volume restante do balão volumétrico com água desionizada. Desta forma estabelecendo um gradiente de concentração variando de 0,10 g L^{-1} até 0,01 g L^{-1} com intervalos de 0,01 g L^{-1}, estas soluções foram utilizadas nos testes das sementes em triplicata, compreendendo o conjunto constituído de: controle positivo, controle negativo, e diferentes amostras do corante, nas diferentes concentrações de 0,01 g L^{-1} até 0,10 g L^{-1} em intervalos de 0,01 g L^{-1} e, após período de incubação de 72 horas foi submetido a leitura.

Para a análise descritiva dos bioensaios um parâmetro utilizado foi a relação da germinação e o crescimento da raiz, nos diferentes testes em comparação ao controle negativo, determinando assim o IG (Índice germinativo, ou seja, a inibição do crescimento da raiz em relação ao controle) segundo Ayres et al., 2007. Como demonstra a Equação 2.

$$IG = \frac{(\%Germinação) \times (\%Crescimeno\ da\ Raiz)}{100\%}$$ Equação 2

onde:

IG= Índice de germinação;

%Germinação= razão entre germinação do tratamento e germinação do controle;

%Crescimento da Raiz= razão entre o crescimento da raiz do tratamento e crescimento da raiz do controle.

Outro parâmetro para a análise descritiva foi a porcentagem de inibição de germinação das sementes. Que foram calculadas através da fórmula de Abbott adaptada, pois esta foi utilizada para checar a eficiência de inseticidas (TAMADA, 2013 e TAMADA et al., 2012). Neste caso foi usada para avaliar a inibição de germinação de sementes causada pelo efluente têxtil contendo o corante onde a Equação 3 adaptada é dada por:

$$I\% = ((C-T) \times 100) / C \qquad \text{Equação 3}$$

onde:

I% = porcentagem de inibição;

C = número de sementes germinadas no controle negativo;

T = número de sementes germinadas no tratamento (TAMADA, 2013 e TAMADA et al., 2012).

As porcentagens de inibição são classificadas como: tóxicas, quando são maiores que 40%, com indício de toxicidade quando a inibição está entre 10 e 40% e não tóxicas quando a inibição é menor que 10% (LOPES et al., 2010).

A interpolação linear foi o instrumento utilizado para determinar o valor aproximado da concentração de corante necessária para atingir o IG 50 das diferentes sementes.

Ela consiste de uma relação de proporções dentro de um conjunto de dados. Onde os valores dados possam ser enquadrados em uma relação de proporção de dois conjuntos de dados para determinar um terceiro de forma linear, assim como a Equação 4**.**

$$\frac{Ya - Y1}{Y2 - Y1} = \frac{Xa - X1}{X2 - X1} \qquad \text{Equação 4}$$

onde:

X1 e Y1 = correspondam a coordenadas de um determinado ponto, concentração de corante e IG, próximo ao IG 50;

X2 e Y2 = correspondam a coordenadas de outro determinado ponto, concentração de corante e IG, próximo ao IG 50;

Xa e Ya = correspondam a coordenadas do ponto correspondente onde o IG 50 se encontra.

Atribuindo assim um valor estimado para a incógnita que é o IG 50. É viável aplicar esta análise de dados devido à abrangência e ao comportamento dos dados coletados no IG dos experimentos.

Para a análise estatística do crescimento de plântula foi utilizado o teste de análise de variância para dados não paramétricos de Kruskal-Wallis (Ayres et al., 2007). Usado para comparar três ou mais amostras independentes do mesmo tamanho ou desiguais, cujos valores de desempenho podem ser comparados em uma ordem numérica.

4.6.2. Teste de toxicidade com *Saccharomyces cerevisiae*

A preparação de uma solução de leveduras requer um procedimento de lavagem antes de submetemos estes organismos aos diferentes experimentos com os corantes. Para o preparo da suspensão foram utilizados tabletes de fermento biológico *S. cerevisiae* da empresa Fleischmann Royal, lote 02-08 de 26/06/2015 de uso comercial.

Primeiramente, o tablete de 15 gramas foi dissolvido em béquer em um volume de 100 mL de água desionizada. Sendo a solução então separada em 8 tubos de ensaio e centrifugados por 5 min em força G de 6037,2 (6000 RPM) com auxílio de uma centrifuga FANEM 206. Com a centrifugação promove a formação de um pellet de leveduras e um sobrenadante de componentes indesejáveis para os experimentos, por tanto descarta-se o sobrenadante. O pellet foi submetido a lavagens cíclicas por três vezes, que consiste na ressuspenção do pellet em água desionizada, centrifugação por 5 min em força G de 6037,2, e descarte do sobrenadante.

Após a lavagem final os 8 pellets de levedura foram ressuspensos em água desionizada e vertidos em dois tubos com tampa para estocagem em geladeira por até 30 dias.

Diluições em diferentes concentrações variando de 0,01 g L^{-1} a 0,10 g L^{-1} em intervalos de 0,01 g L^{-1} foram utilizadas para determinar a sensibilidade do microrganismo. Em tubos de ensaios, que foram montados em triplicata para cada amostra, contendo 9,00 mL das soluções do corante em diferentes concentrações e 1,00 ml da suspensão de *S. cerevisiae.* Para o controle negativo

tubos contendo água desionizada foram utilizados no lugar da amostra de corante. Esses tubos de ensaios contendo solução e organismos teste permanecem por 3 dias (72 horas) em incubadora a temperatura constante de 28ºC.

A contagem de células foi feita em microscópio Zeiss, modelo Axioskop 40, ajustado para objetiva de 40 vezes, em câmara de Neubauer. Passado o período de incubação de 3 dias os tubos foram agitados em agitador de tubos Phoenix AP56, para que as leveduras decantadas se dispersem de forma homogênea, e deles foi retirado 0,50 mL o qual foi adicionado a 0,50 mL de Eritrosina B, um corante vermelho que indicará se as células do *S. cerevisiae* estavam mortas. As leveduras possuem uma enzima que degrada a eritrosina e caso estejam vivas estarão degradando o corante e não serão coradas (PAINTING & KURSOP, 1990).

A amostra mínima de células para contagem foi de 200 células na câmara de Neubauer de forma a poder realizar os cálculos estatísticos (SUSSMAN, 1974). As dimensões de cada quadrante da câmara de Neubauer são de 1 mm x 1 mm x 0,1 mm totalizando o volume de 0,1 mm^3 e, assim o valor da amostra utilizada pode ser expresso em mL (cm^3) multiplicando o resultado da contagem por 10^4. Após esta multiplicação foi feita a correção, ou seja, diluição decorrente de ter sido usado 0,50 mL com o corante Eritrosina B e 0,50 mL da amostra, isto exige que resultado seja multiplicado por 2 (equação 5).

$$\% \text{ Mortalidade} = \frac{\text{Vivas x } 100}{\text{Vivas + mortas}} \qquad \text{Equação 5}$$

4.6.3. Bioensaio de toxicidade com microcrustáceo *Artemia salina*

O objetivo deste bioensaio é de determinar o DL_{50} das amostras para *Artemia salina*. O efeito avaliado sendo a mortalidade das larvas após 24 horas de exposição às amostras.

Para eclodir as artemias um aquário com água do mar sintética Tropic Marin Salt Pro-Reef (3,2% de salinidade) em pH próximo de 8,00 foi preparado. No interior do aquário foram instalados uma divisória, com buracos de 0,20 cm^2, e uma bomba de aquário. Três laterais do aquário foram cobertas com papel alumínio com a finalidade de orientar as artemias eclodidas em direção da luz de

uma lâmpada fluorescente de 15 W (MCLAUGLIN et al., 1995), assim como mostra a Figura 06.

Figura 06: Disposição do aquário para a eclosão das Artemias.

No aquário foram colocadas 20 mg de cistos, após o período de 24 h os náuplios foram então submetidos as concentrações dos corantes. As concentrações dos corantes foram preparadas em concentrações variando de 0,100 g L^{-1} a 0,010 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1} em salinidade de 3,2% sendo o controle negativo constituído de solução salina em concentração de 3,2%. Após o período de encubação de 48 horas em temperatura de 28ºC foi feita a leitura da mortalidade dos microcrustáceos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Acid Red 114: Espectro UV-VIS do corante e sua reta padrão

Ao realizar a varredura de espectro do corante Acid Red 114, 0,100 g L^{-1} em pH 7,00, dentro do intervalo de 400,0 até 800,0 nm, com leituras em intervalos de 0,5 nm, uma curvatura nos valores de absorbância foi identificada com um pico na região de 500,0 nm como na Figura 07.

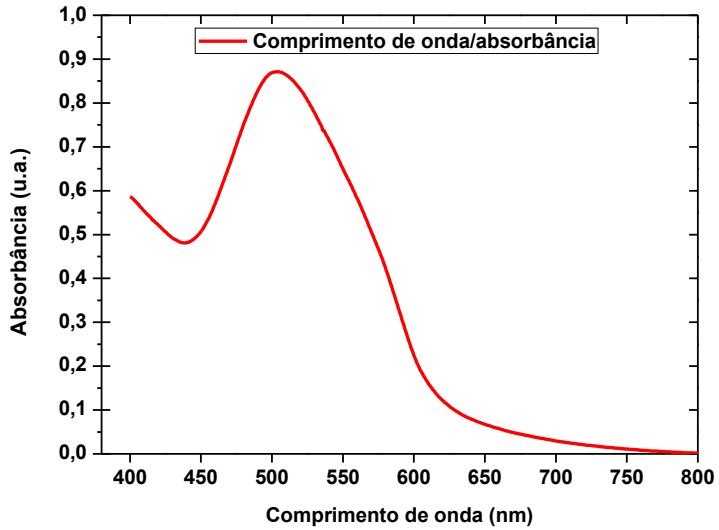

Figura 07: A varredura do espectro do corante Acid Red 114, 0,100 g L^{-1} em pH 7,00, nos comprimentos de onda variando entre 400,0 e 800,0 nm, em Cubeta de quartzo e caminho ótico de 1 cm.

Com esses dados extraídos do espectro foi estabelecido como ponto de maior absorbância ou λ máximo o comprimento de onda de 505,0 nm para o Acid Red 114. Com esse valor de comprimento de onda a reta padrão foi construída como descrito na metodologia ao fazer diluições da solução em concentração 0,100 g L^{-1} estabelecendo uma regularidade nos intervalos destas diluições como na Figura 08.

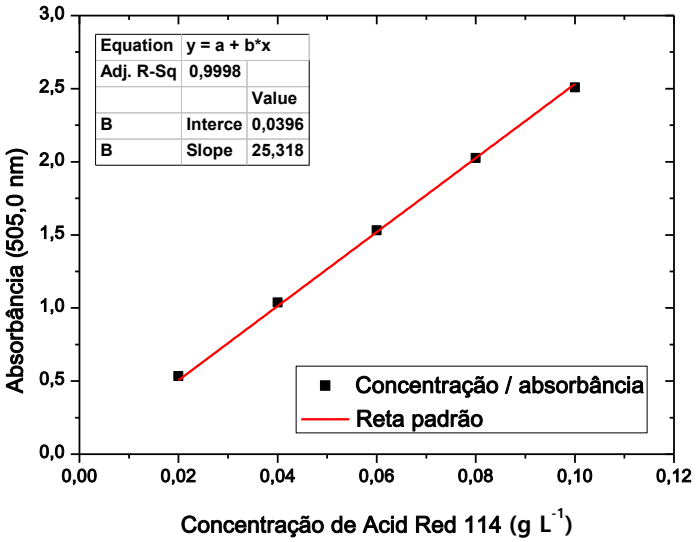

Figura 08: Reta padrão estabelecida com a leitura da absorbância das diferentes diluições do corante Acid Red 114, pH 7,00, no comprimento de onda de 505,0 nm.

5.2. Acid Red 114: Testes com os coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) dos valores de pH

A variação de pH provocada pela adição de 100 uL dos coagulantes PAC, SAIFL, SAF, CF, no tratamento **A** em efluentes simulados do corante Acid Red 114, em valores de pH de 5,00, 6,00, 6,50, 7,00 e 8,00 utilizou o hidróxido de sódio 0,10 M nos volumes da Tabela 02.

Tabela 02: Os diferentes volumes hidróxido de sódio 0,10 M para compensar a variação de pH dos efluentes simulados de Acid Red 114 mensuradas no tratamento **A** e usados no tratamento **B** para os coagulantes PAC, SAIFL, SAF e CF em uL (com 14 gotas mL^{-1} temos 71,4 uL/gota).

pH	PAC	SAIFL	SAF	CF
5,00	214,2 uL	285,6 uL	285,6 uL	499,8 uL
6,00	357,0 uL	214,2 uL	214,2 uL	428,4 uL
6,50	285,6 uL	285,6 uL	285,6 uL	499,8 uL
7,00	357,0 uL	357,0 uL	357,0 uL	714,0 uL
8,00	499,8 uL	428,4 uL	499,8 uL	714,0 uL

5.2.1. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante PAC em corante Acid Red 114

Nos testes de eficiência de pH do coagulante PAC na remoção do corante Acid Red 114, o tratamento **A** obteve resultados de coagulação similares em todos os valores de pH. Já no tratamento **B** uma maior capacidade coagulação

foi constatada em valores de pH 5,00, 6,00 e 6,50 similares aos resultados obtidos no tratamento **A**. Nos valores de pH de 7,00 e 8,00 o tratamento **B** não apresentou capacidade de coagulação similar ao tratamento **A**, a capacidade de coagulação do tratamento **B** em pH 7,00 e 8,00 que demonstrou uma diminuição de eficiência da coagulação quanto maior o valor de pH. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos são observados na Figura 09.

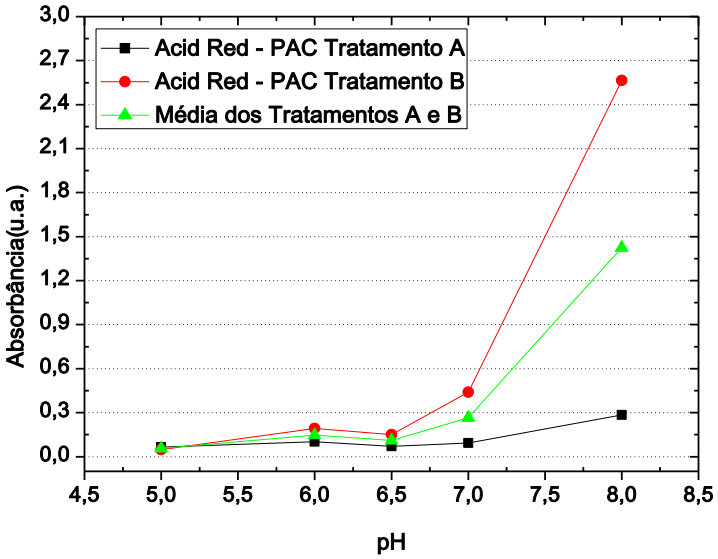

Figura 09: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções Acid Red 114 após ação do coagulante PAC.

5.2.2. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAIFL em corante Acid Red 114

Nos testes de eficiência de pH do coagulante SAIFL na remoção do corante Acid Red 114, os tratamentos **A** e **B** demonstraram uma variação grande na capacidade de coagulação nos tratamentos. Com o tratamento **A** os resultados demonstram uma boa coagulação nos testes em pH de 5,00, 6,00, 6,50 e 7,00, já em pH 8,00 vemos uma diferença discrepante de coagulação em comparação com os demais. No teste **B** vemos uma boa coagulação em pH de valor 5,00, similar ao teste **A**, mais nos valores subsequentes de 6,00, 6,50, 7,00 e 8,00 uma diminuição da capacidade de coagulação foi observada. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos são observados na Figura 10.

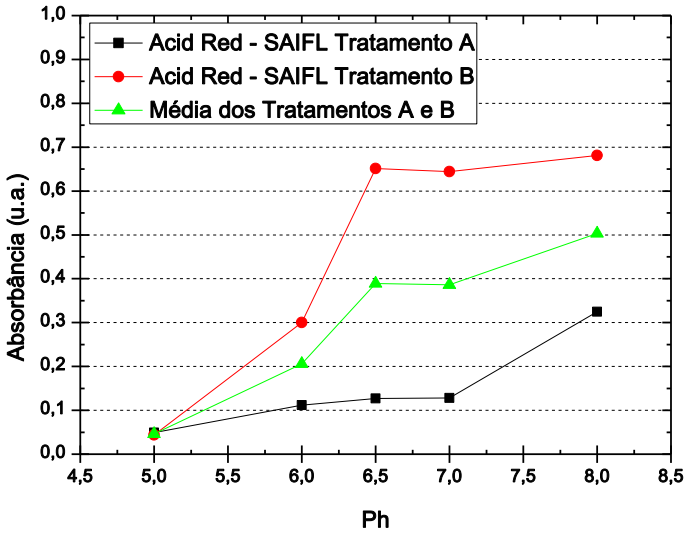

Figura 10: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções Acid Red 114 após ação do coagulante SAIFL.

5.2.3. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAF em corante Acid Red 114

Nos testes de eficiência de pH do coagulante SAF na remoção do corante Acid Red 114, o tratamento **A** demonstrou uma capacidade de coagulação similar nos valores de pH 5,00, 6,00, 6,50, no valor de 7,00 sua capacidade de coagulação apresentou uma leve redução, e no valor de 8,00 a redução foi grande em comparação aos outros valores de pH. Para o tratamento **B** apenas o valor de pH 5,00 se destacou como propiciatório para a coagulação, sendo no tratamento **B** de menor valor de absorbância. Nos demais valores de pH 6,00, 6,50, 7,00 e 8,00, do tratamento **B**, foi observada uma diminuição da capacidade de coagulação em comparação ao valor de pH 5,00. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos são observados na Figura 11.

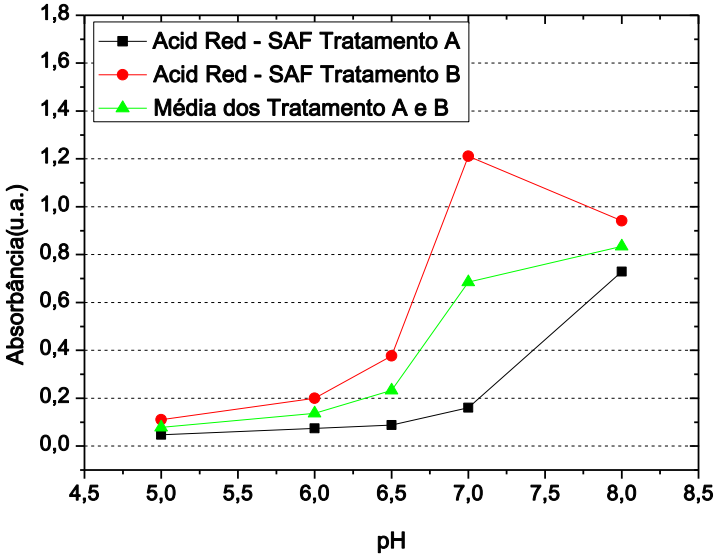

Figura 11: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções de Acid Red 114 após ação do coagulante SAF.

5.2.4. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante CF em corante Acid Red 114

Nos testes de eficiência de pH do coagulante CF na remoção do corante Acid Red, o tratamento **A** como para o tratamento **B** tiveram sua eficiência máxima no valor de pH 5,00. No entanto, no tratamento **A** a capacidade de coagulação foi similar nos valores de pH 6,00 e 6,50, a diminuição da capacidade de coagulação foi sensível nos valores de pH 7,00 e 8,00. O tratamento **B**, que apresentou diminuição da capacidade de coagulação, reduz consideravelmente nos valores de pH 7,00 e 8,00, o que já não ocorre no tratamento **B**. No tratamento **B** os valores de pH 6,00 6,50, 7,00 e 8,00 demonstram uma diminuição da eficiência da capacidade de coagulação de forma bem sensível. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos são observados na Figura 12.

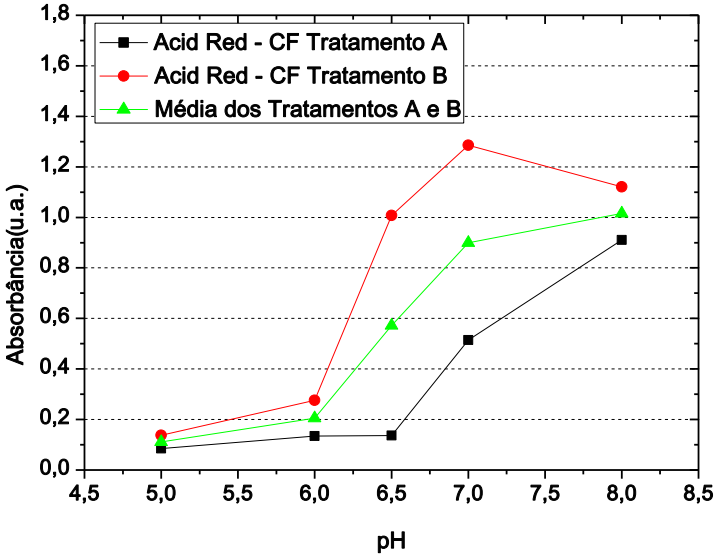

Figura 12: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH das soluções de Acid Red 114 após ação do coagulante CF.

5.2.5. Eficiência dos coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) em diferentes pH na remoção do corante Acid Red 114

Estes resultados demonstram que a eficiência dos coagulantes na remoção dos corantes é maior em valores de pH mais baixos como 5,00 que foi o mais baixo utilizado com o corante Acid Red 114. Isso indica que este valor de pH propicia uma maior capacidade na coagulação e floculação dos corantes. Uma vez que valores muito baixos de pH incutem um acréscimo nos gastos para a liberação de efluente tratado, por exigir uma correção antes de estar apto a liberação nos cursos d'água, faz se desnecessário buscar uma melhor capacidade de remoção dos corantes em valores inferiores. E tanto no tratamento **A** como no **B**, os diferentes coagulantes apresentarem uma capacidade de coagulação do corante Acid Red 114, melhor nos valores mais baixos assim como as Figuras 13 a e b.

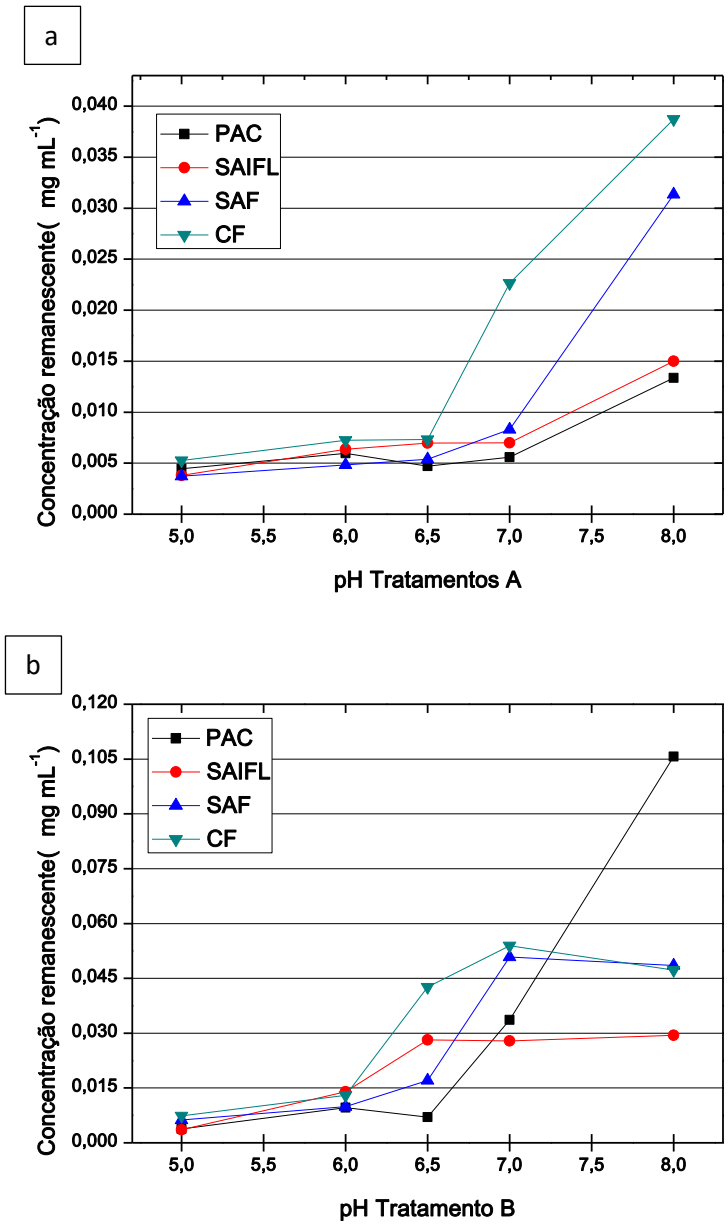

Figura 13 a: Concentrações remanescentes das soluções Acid Red 114 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **A** em mg mL^{-1} **Figura 13 b**: Concentrações remanescentes das soluções Acid Red 114 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **B** em mg mL^{-1}.

5.3. Acid Blue 40: Espectro UV-VIS do corante e sua reta padrão

Ao realizar a varredura de espectro do corante Acid Blue 40, 0,100 g L^{-1} em pH 7,00, dentro do intervalo de 400,0 até 800,0 nm, com leituras em intervalos de 0,50 nm, uma curvatura nos valores de absorbância foi identificada com um pico na região de 600,0 nm como na Figura 14.

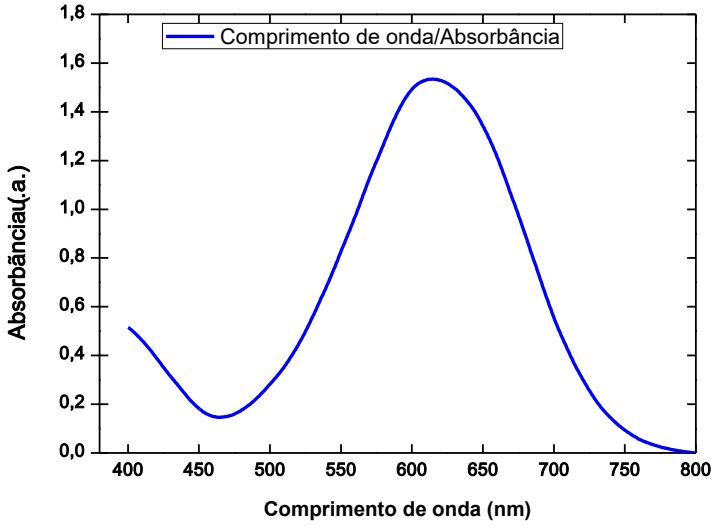

Figura 14: A varredura do espectro do corante Acid Blue 40, 0,100 g L^{-1} em pH 7,00, nos comprimentos de onda variando entre 400,0 e 800,0 nm, em Cubeta de quartzo e caminho ótico de 1 cm.

Com esses dados extraídos do espectro foi estabelecido como ponto de maior absorbância ou λ máximo no comprimento de onda de 614,5 nm para o Acid Blue 40. Com esse valor de comprimento de onda a reta padrão foi construída como descrito na metodologia ao diluir o efluente simulado estabelecendo uma regularidade nos intervalos destas diluições como na Figura 15.

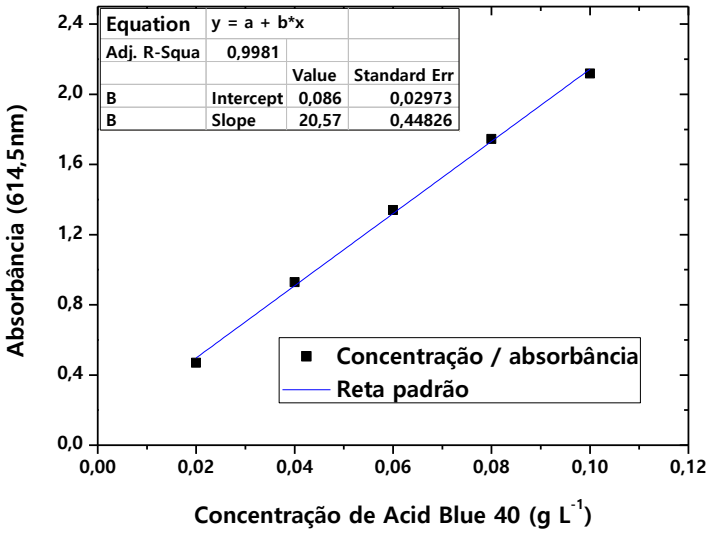

Figura 15: Reta padrão estabelecida com a leitura da absorbância das diferentes diluições do corante Acid Blue 40, pH 7,00, no comprimento de onda de 614,5 nm.

5.4. Acid Blue 40: Testes com os coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) dos valores de pH

A variação de pH provocada pela adição de 100 uL dos coagulantes PAC, SAIFL, SAF, CF, no tratamento **A** em efluentes simulados do corante Acid Blue 40, em valores de pH de 5,00, 6,00, 6,50, 7,00 e 8,00 utilizou o hidróxido de sódio 0,10 M nos volumes da Tabela 03.

Tabela 03: Os diferentes volumes hidróxido de sódio 0,10 M para compensar a variação de pH dos efluentes simulados de Acid Blue 40 mensuradas no tratamento **A** e usados no tratamento **B** para os coagulantes PAC, SAIFL, SAF e CF em uL (com 14 gotas mL^{-1} temos 71,4 uL/gota)

pH	PAC	SAIFL	SAF	CF
5,00	357,0 uL	285,6 uL	285,6 uL	499,8 uL
6,00	285,6 uL	214,2 uL	285,6 uL	571,2 uL
6,50	428,4 uL	357,0 uL	357,0 uL	714,0 uL
7,00	357,0 uL	357,0 uL	357,0 uL	642,6 uL
8,00	499,8 uL	499,8 uL	499,8 uL	928,2 uL

5.4.1. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante PAC em corante Acid Blue 40

Nos testes de eficiência de pH do coagulante PAC na remoção do corante Acid Blue 40, o tratamento **A** demonstrou melhor capacidade de remoção do corante em pH 5,00 e uma diminuição crescente desta capacidade nos valores

6,00, 6,50, 7,00, 8,00 subsequentes. No tratamento **B** a melhor capacidade de coagulação foi encontrada no valor de pH 5,00, seguida pelos valores de pH 6,50, 6,00, 7,00, 8,00. Os tratamentos assim como uma média da absorbância dos tratamentos são observados na Figura 16.

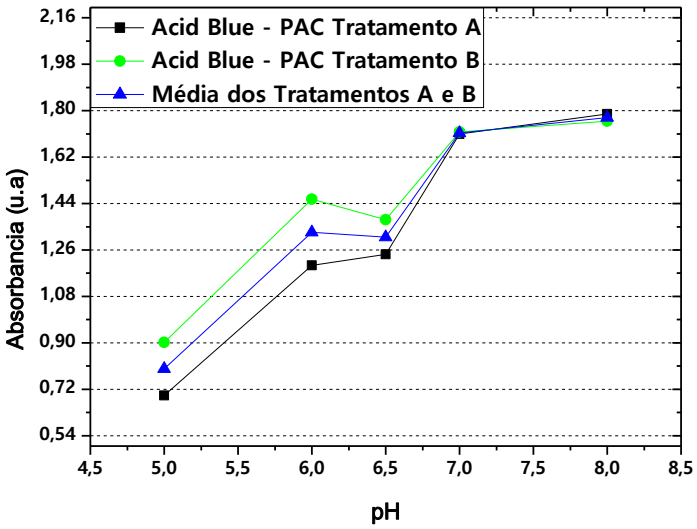

Figura 16: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante PAC.

5.4.2. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAIFL em corante Acid Blue 40

Nos testes de eficiência de pH do coagulante SAIFL na remoção do corante Acid Blue 40, o tratamento **A** demonstrou uma melhor capacidade de remoção do corante no valor de pH 5,00. Nos valores de pH 6,00, 6,50, 7,00, 8,00 apresentaram uma diminuição sequencial da capacidade de coagulação. No tratamento **B** a capacidade de coagulação melhor foi em valor de pH 5,00, seguida pelos valores de pH 6,00, 8,00, 7,00, e 6,50, respectivamente. Os tratamentos se diferem, pois, o tratamento **A** apresentou uma maior capacidade de remoção do corante principalmente nos valores de pH mais baixo o que não foi observado no tratamento B. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos, são observados na Figura 17.

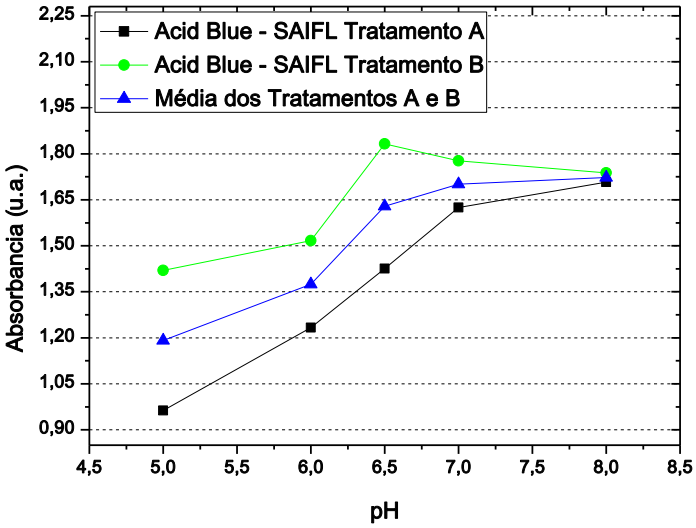

Figura 17: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante SAIFL.

5.4.3. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante SAF em corante Acid Blue 40

Nos testes de eficiência de pH do coagulante SAF na remoção do corante Acid Blue 40, o tratamento **A** em pH no valor de 5,00 apresentou maior capacidade de remoção do corante, neste tratamento os valores de pH 6,00, 6,50, 7,00 e 8,00 apresentaram uma diminuição da capacidade de coagulação do corante de forma sequencial e progressiva. E no tratamento **B** a capacidade de remoção do corante foi significativamente menor que no tratamento **A**, sendo a sequência de capacidade de remoção do corante, da maior para a menor, iniciando no valor de pH de 6,00, seguido pelos valores 5,00, 8,00, 7,00 e 6,50, em sequência. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos, são observados na Figura 18.

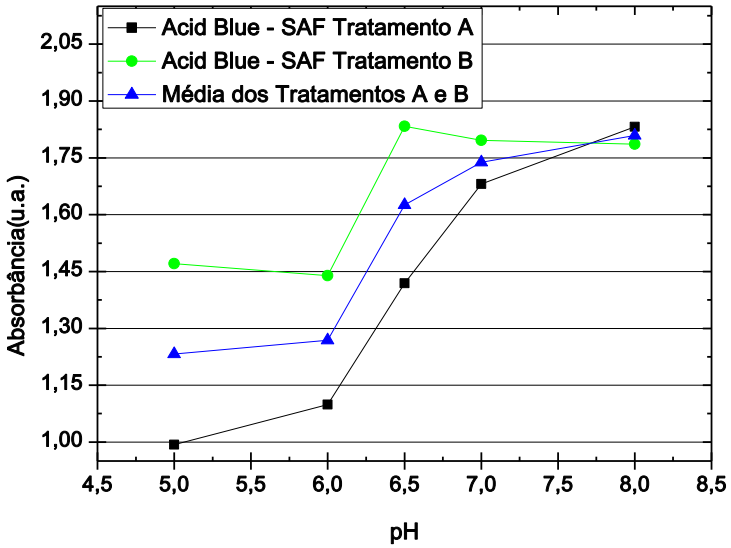

Figura 18: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante SAF.

5.4.4. Leitura da absorbância dos testes A e B, e média de leituras do coagulante CF em corante Acid Blue 40

Nos testes de eficiência de pH do coagulante CF na remoção do corante Acid Blue 40, o tratamento **A** teve maior capacidade de remoção no valor de pH 5,00. Nos demais valores de pH a capacidade de remoção caiu seguindo a sequência de valores de 6,00, 7,00, 8,00, 6,50, respectivamente. O tratamento **B** apresentou também uma melhor capacidade de remoção do corante em valor de pH 5,00, mais diferente do tratamento **A** os demais valores de pH apresentaram uma queda na capacidade de remoção do corante seguindo a sequência de valores de 8,00, 7,00, 6,00 e 6,50, respectivamente. O tratamento **B** apresentou maior capacidade de remoção que o tratamento **A** excetuando o teste com pH no valor de 6,00. Os tratamentos, assim como uma média da absorbância dos tratamentos, são observados na Figura 19.

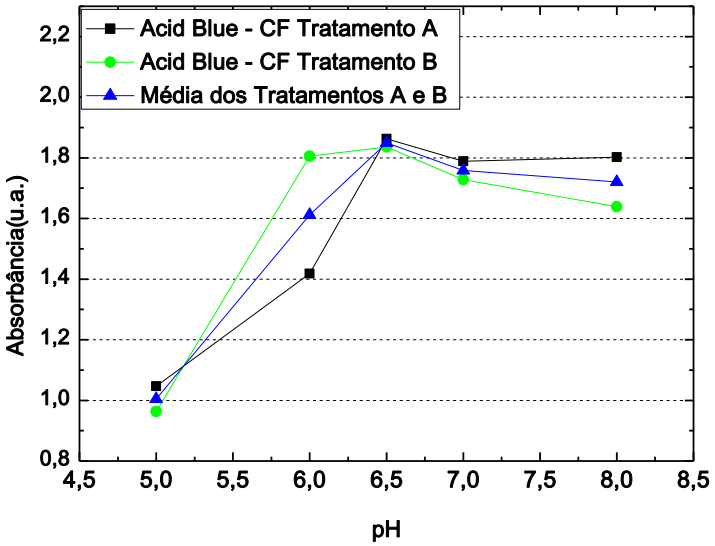

Figura 19: Gráfico representando os valores de absorbância apresentados pelos tratamentos **A** e **B** nos diferentes valores de pH da solução Acid Blue 40 após ação do coagulante CF.

Estes resultados demonstram que a eficiência dos coagulantes na remoção dos corantes é maior em valores de pH mais baixos como 5,00 que foi o mais baixo utilizado com o corante Acid Blue 40. Isso indica que este valor de pH propicia uma maior capacidade na coagulação e floculação dos corantes. Uma vez que valores muito baixos de pH incutem um acréscimo nos gastos para a liberação de efluente tratado, por exigir uma correção antes de estar apto a liberação nos cursos d'água, faz se desnecessário buscar uma melhor capacidade de remoção dos corantes em valores inferiores.

5.4.5. Eficiência dos coagulantes e polímero aniônico (poliacrilamida aniônica) em diferentes pH na remoção do corante Acid Blue 40

Estes resultados demonstram que a eficiência dos coagulantes na remoção dos corantes foi maior em valores de pH mais baixos como 5,00 que foi o mais baixo utilizado com o corante Acid Blue 40. Isso indica que este valor de pH propicia uma maior capacidade na coagulação e floculação dos corantes. Uma vez que valores muito baixos de pH incutem um acréscimo nos gastos para a liberação de efluente tratado, por exigir uma correção antes de estar apto a liberação nos cursos d'água, faz se desnecessário buscar uma melhor

capacidade de remoção dos corantes em valores inferiores. E tanto no tratamento **A** como no **B**, os diferentes coagulantes apresentarem uma capacidade de coagulação do corante Acid Blue 40, melhor nos valores mais baixos assim como as Figuras 20 a e b.

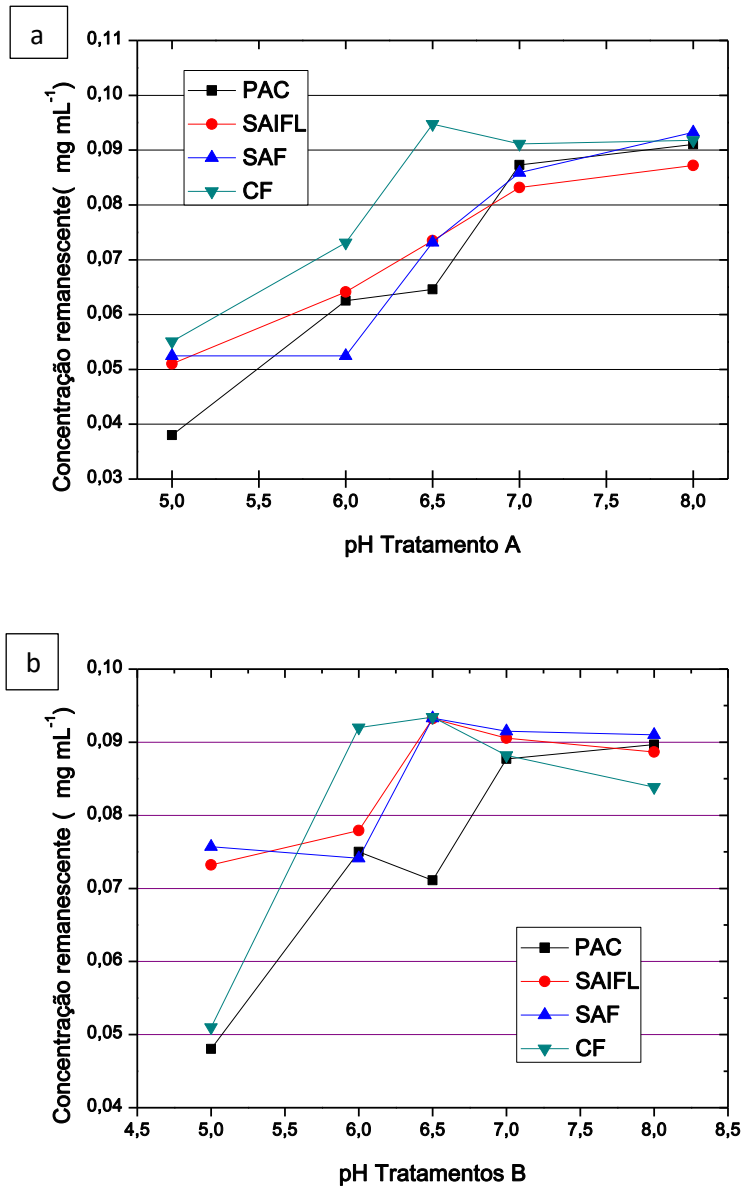

Figura 20 a: Concentrações remanescentes das soluções Acid Blue 40 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **A** em mg mL^{-1}. **Figura 20 b**: Concentrações remanescentes das soluções Acid Blue 40 coaguladas nos diferentes pHs do tratamento **B** em mg mL^{-1}.

5.5. Testes de toxicidade Acid Red 114

5.5.1. Teste de toxicidade com corante Acid Red 114, Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de Alface promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de alface, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações do corante Acid Red 114 em pH 7,00. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com corante em concentração de 0,020 g L^{-1}, 0,010 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Não foi encontrado crescimento nas placas com corante 0,090 g L^{-1}. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 21.

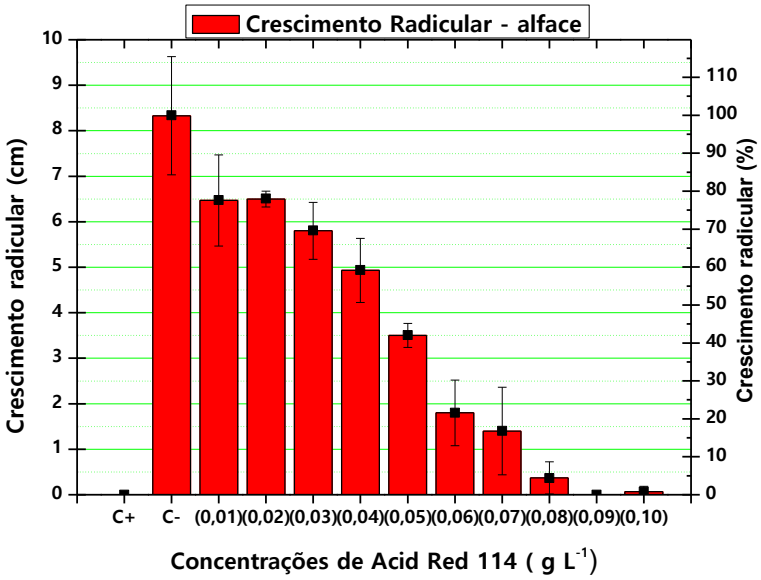

Figura 21: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de alface em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Red 114 em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

A avaliação da capacidade germinativa contabilizou as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes

tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O controle negativo apresentou a maior capacidade germinativa. Os tratamentos em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1} e 0,040 g L^{-1} apresentaram uma taxa de germinação equivalente. Com o tratamento de 0,050 g L^{-1} a inibição da germinação se tornou mais sensível. Com 0,060 g L^{-1} e 0,070 g L^{-1} a inibição ultrapassou os a inibição de mais da metade das sementes. Com 0,080 g L^{-1} poucas sementes germinaram. Com 0,090 g L^{-1} ocorreu inibição total das sementes e com 0,10 g L^{-1} apenas uma germinou, assim como mostra a Figura 22.

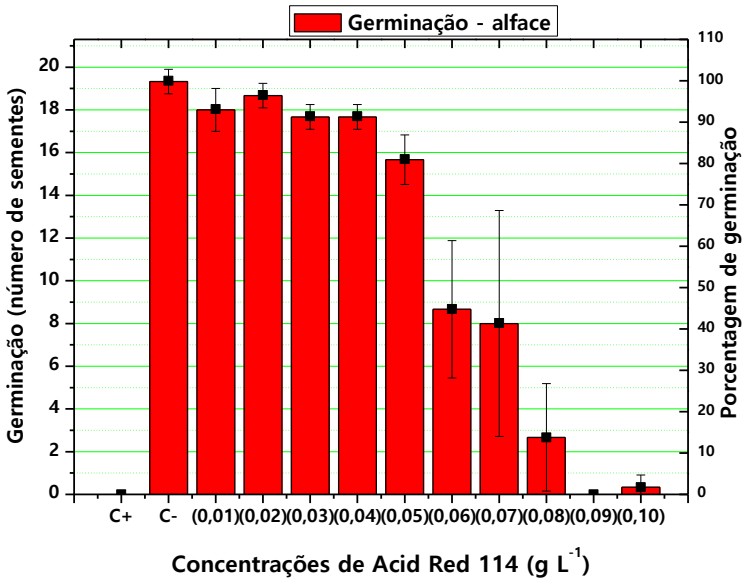

Figura 22: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de alface, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Red 114. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações crescentes de corante de forma progressiva, até atingir inibição total em solução Acid Red 114, pH 7,00 na concentração de 0,100 g L^{-1}, como mostra a Figura 23.

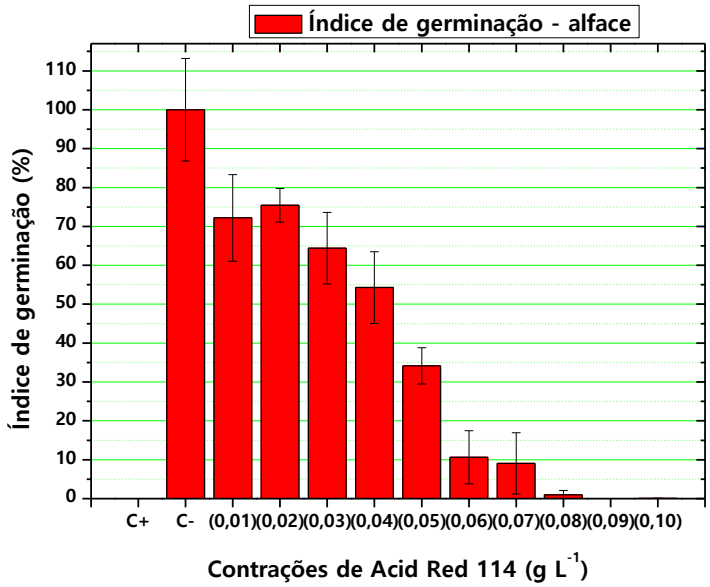

Figura 23: Índice de germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de alface ou o IG 50 das sementes de alface sob a ação do corante Acid Red 114 e pH 7,00. O valor do IG 50 da semente de alface se encontra entre os valores de 40 e 50%, portanto em concentrações de 0,040 g L^{-1} e 0,050 g L^{-1}, respectivamente. Que são concentrações que apresentam, respectivamente, os IGs de 54,0 e 34,0%. Portanto, o IG50 estimado da alface ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,421 g L^{-1} 10^{-1} de corante Acid Red 114.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de alface foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. As porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de alface foram aferidas entre os valores de 0,06 g L^{-1} e 0,10 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) no valor de 0,05 g L^{-1} e não tóxicas (inibição menor que 10%) entre 0,01 g L^{-1} e 0,04 g L^{-1}, como mostra a Figura 24.

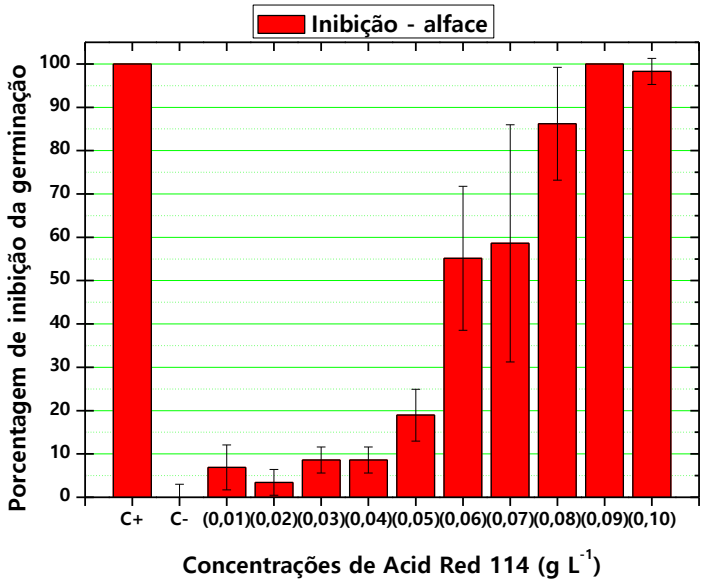

Figura 24: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.5.2. Teste de toxicidade com corante Acid Red 114, Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de pepino promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de pepino, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, pH 7,00. Os crescimentos radiculares das placas do controle positivo não demonstraram crescimento radicular. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com corante em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Todas as placas submetidas ao corante apresentaram algum crescimento. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 25.

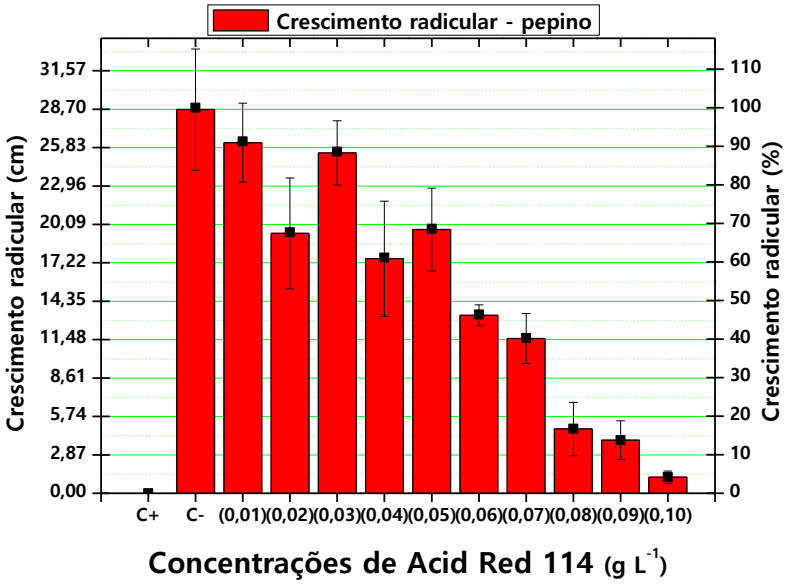

Figura 25: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de pepino em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Red 114 em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Para a avaliação da capacidade germinativa foram contabilizadas as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O controle negativo apresentou a maior capacidade germinativa. O tratamento em concentração de 0,010 g L^{-1} foi dentre os tratamentos com corante o menos inibido, os tratamentos subsequentes em concentração de 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1} e 0,040 g L^{-1} e 0,050 g L^{-1} não apresentaram variação entra eles, sendo a variação de sementes germinadas de apenas uma, em relação ao valor de germinação encontrado no teste de 0,010 g L^{-1}. Com 0,060 g L^{-1} e 0,070 g L^{-1} os resultados também foram iguais na germinação e variando também em apenas uma semente não germinada dos predecessores. Com 0,080 g L^{-1} a inibição da germinação passa a ser notável. Com 0,090 g L^{-1} a inibição se aproxima de 50% de inibição, mais apenas com 0,10 g L^{-1} mais da metade das sementes não germinam, estes efeitos de diferentes amostras de corante Acid Red 114 em pH 7,00, demonstrando o quanto a concentração de corante pode influenciar no

desenvolvimento das sementes de pepino na comparação com o controle, como nas Figura 26.

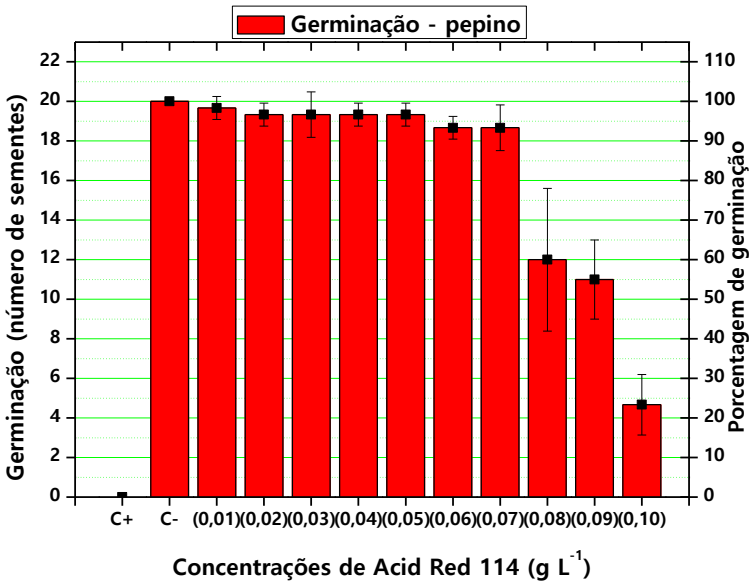

Figura 26: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de pepino, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Red 114. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas de corante, de forma não linear. Os organismos expostos as concentrações de 0,020 e 0,040 g L^{-1} apresentando comportamento fora do esperado. Isso pode ter ocorrido devido a variabilidade genética das sementes empregadas nestas concentrações, que tiveram seu crescimento radicular grandemente afetado, o que refletiu no IG das sementes de pepino, assim como mostra a Figura 27.

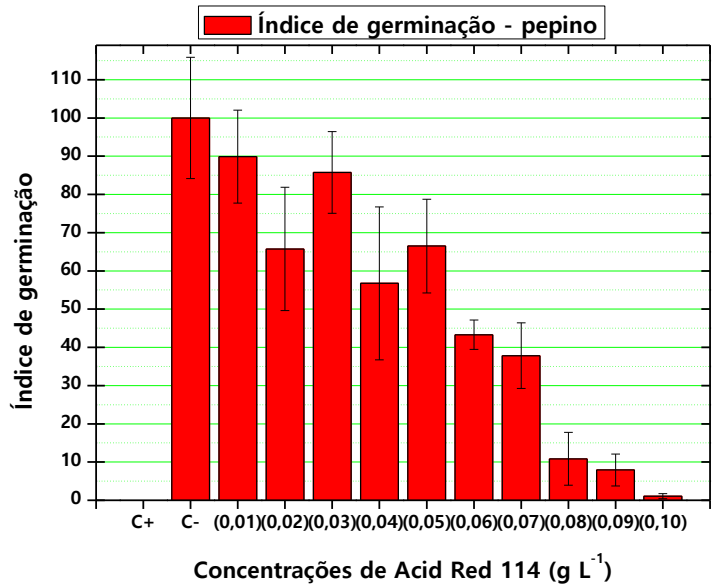

Figura 27: Índice de germinação das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de pepino ou o IG 50 das sementes de pepino sob a ação do corante Acid Red 114. O valor do IG 50 da semente de pepino se encontra entre as concentrações de 0,050 g L^{-1} e 0,060 g L^{-1}, respectivamente. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 66,3 e 43,2%. Portanto o IG50 estimado das sementes de pepino ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,5706 x 10^1 g L^{-1} de corante Acid Red 114.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de pepino foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. As porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de pepino foram aferidas entre as concentrações 0,09 g L^{-1} e 0,10 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) apenas no valor de 0,08 g L^{-1} que apresentou porcentagem de inibição da germinação exata de 40% e não tóxicas (inibição menor que 10%) entre 0,01 g L^{-1} e 0,07 g L^{-1}, como mostra a Figura 28.

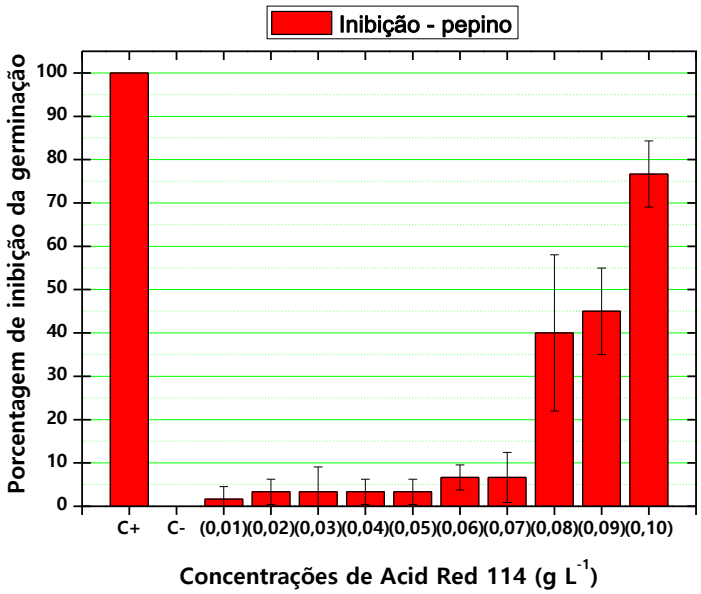

Figura 28: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de pepino em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.5.3. Teste de toxicidade com corante Acid Red 114, Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de rúcula promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de rúcula, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações do corante Acid Red 114. Os crescimentos radiculares das placas do controle positivo não demonstraram crescimento radicular. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguindo pelos tratamentos com corante em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Não foi encontrado crescimento nas placas com corante em concentração de 0,100 g L^{-1}. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 29.

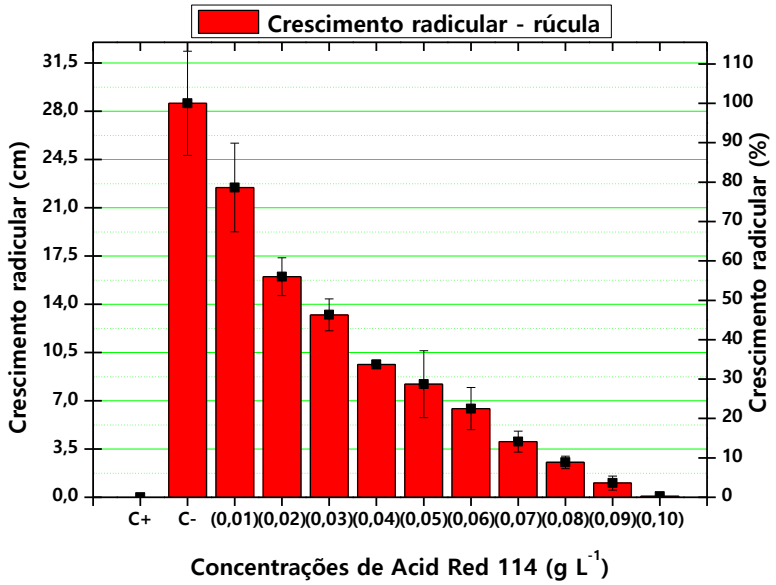

Figura 29: A média, da triplicata, do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de rúcula. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e a sequência das concentrações de Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Para a avaliação da capacidade germinativa foram contabilizadas as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O controle negativo não apresentou a maior capacidade germinativa, mais germinou com eficiência equivalente aos corantes em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1}. Os demais tratamentos apresentaram uma redução significativa nas suas capacidades de germinação. De forma não linear a sequência, dos tratamentos do maior para o de menor capacidade foi de: 0,050 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1}.Os efeitos de diferentes amostras de corante Acid Red 114, demonstrando o quanto a concentração de corante pode influenciar no desenvolvimento das sementes de rúcula na comparação com o controle, como mostra a Figura 30.

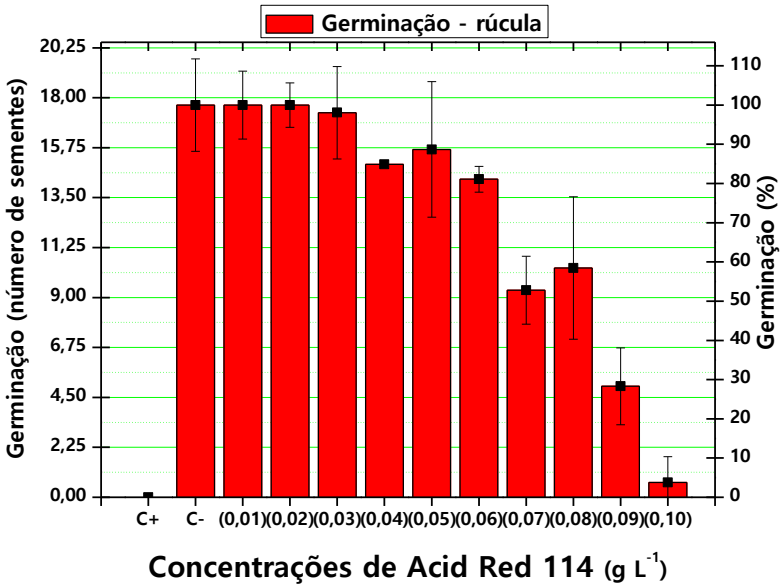

Figura 30: A média, da triplicata, da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de rúcula, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Red 114. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações crescentes de corante de forma progressiva, até atingir inibição total em solução Acid Red 114 na concentração de 0,100 g L^{-1}, como demonstra a Figura 31.

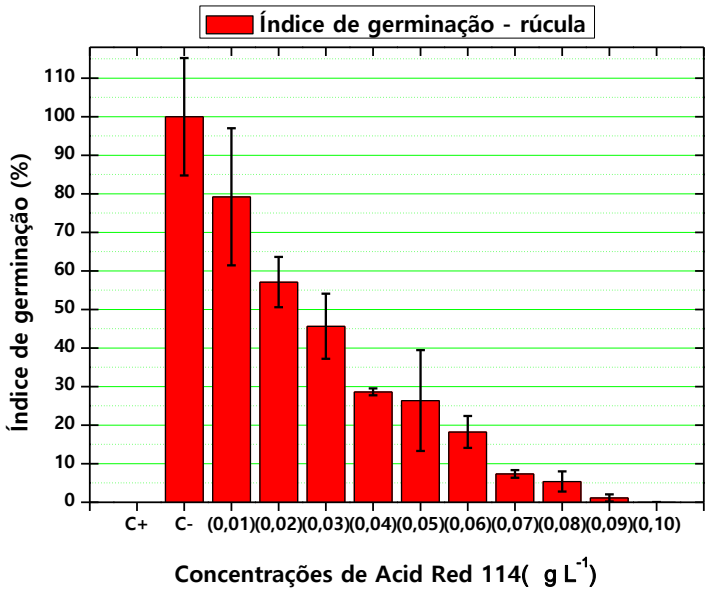

Figura 31: Índice de germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de rúcula ou o IG 50 das sementes de rúcula sob a ação do corante Acid Red 114. O valor do IG 50 da semente de rúcula se encontra entre as concentrações de 0,020 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1}, respectivamente. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 57,11 e 45,65%. Portanto o IG50 estimado da rúcula ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,262 x 10^{-1} g L^{-1} de corante Acid Red 114.

A porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula utilizando os parâmetros de toxicidade determinou as porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de rúcula que foram expostas aos valores de concentração do corante Acid Red 114 entre os valores de 0,07 g L^{-1} e 0,10 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) entre 0,04 g L^{-1} e 0,06 g L^{-1} e não tóxicas (inibição menor que 10%) entre 0,01 g L^{-1} e 0,03 g L^{-1}, como mostra a Figura 32.

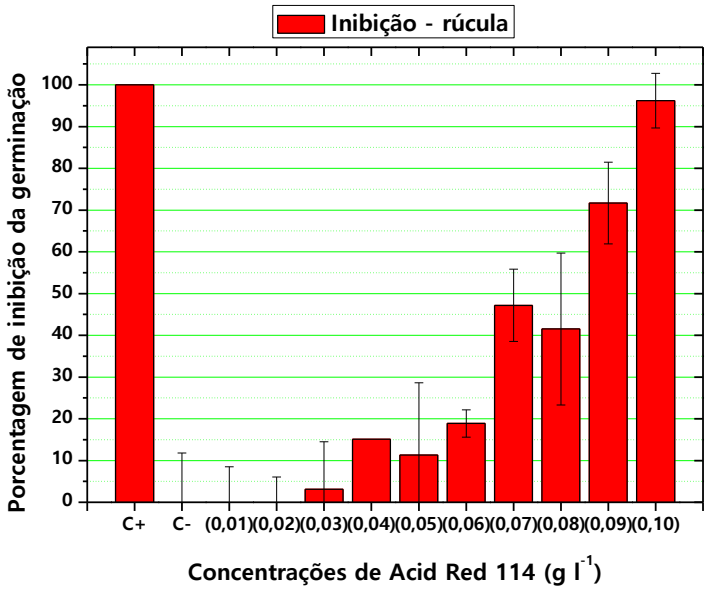

Figura 32: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114 de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.5.4. Teste de toxicidade do corante Acid Red 114 com *S. cerevisiae*

Ao estabelecer os cálculos estatísticos com os resultados da imersão das leveduras em diferentes concentrações de corante Acid Red 114 ficou evidente que os organismos são mais resistentes que a toxicidade intrínseca do corante, pois os resultados percentuais não apresentaram uma taxa de mortalidade discrepante na comparação com nenhum dos tratamentos mantendo uma constância na taxa de mortalidade, assim como mostra a Figura 33.

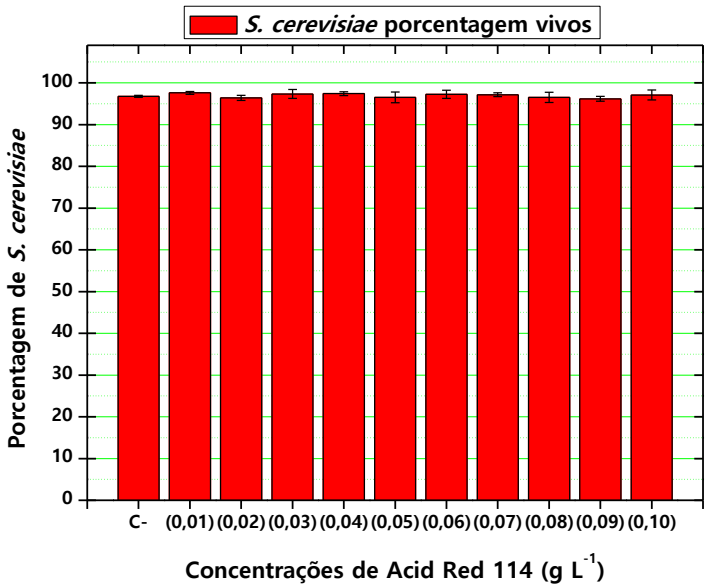

Figura 33: Porcentagem de leveduras que se mantiveram vivas nas medias das triplicatas de cada tratamento, controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.5.5. Bioensaio de toxicidade do corante Acid Red 114 com microcrustáceo *Artemia salina*

Devido as condições da solução salina necessária para a sobrevivência das artemias, ocorreu uma coagulação nas diluições dos corantes. O controle positivo não apresentou organismos vivos, o controle negativo não apresentou mortalidade. E assim como o controle negativo as concentrações de 0,010, 0,020, 0,030, 0,040, 0,050, 0,060, 0,070, 0,090 g L^{-1} de corante Acid Red 114, não apresentarem mortalidade. Apenas nas concentrações de 0,080 e 0,100 g L^{-1} ocorreu mortalidade, assim como mostra a Figura 34.

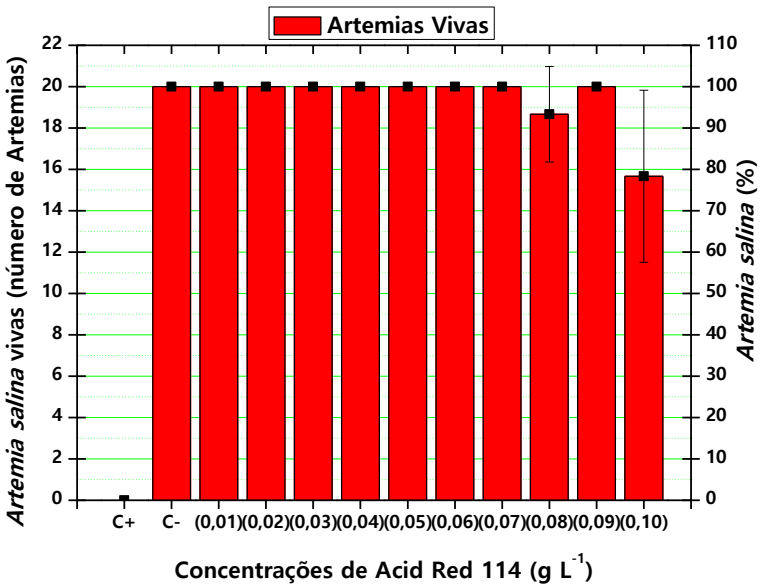

Figura 34: Media dos organismos vivos nos experimentos em triplicata em cada tratamento, controle positivo (C+) controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Red 114, em pH 8,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

O DL_{50} das artemias em solução Acid Red 114 não foi atribuído devido aos resultados obtidos, que demonstraram uma resistência dos organismos as concentrações de corante as quais foram expostos.

5.6. Testes de toxicidade Acid Blue 40

5.6.1. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de Alface promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de alface, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com corante em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1} respectivamente. Em as sementes expostas as concentrações de corante Acid Blue 40 de 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1} não apresentaram crescimento.

Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 35.

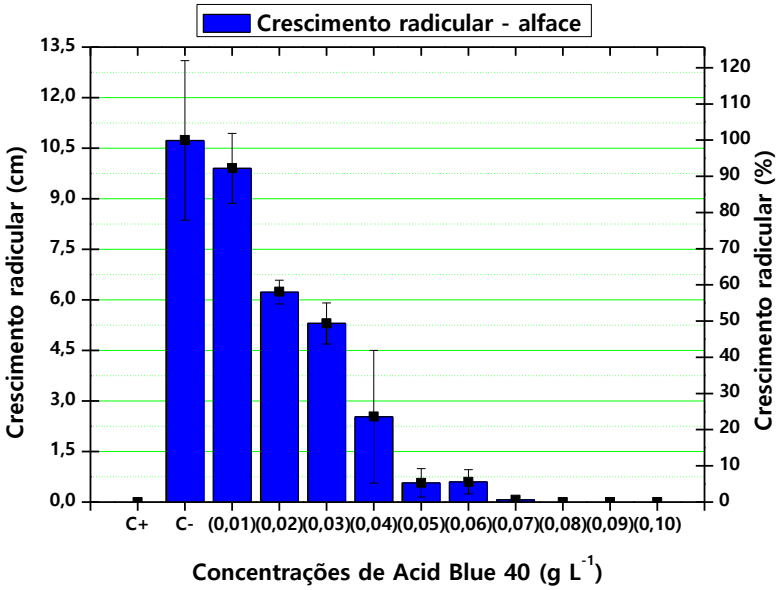

Figura 35: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de alface em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

A avaliação da capacidade germinativa contabilizou as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O tratamento em concentração de 0,010 g L^{-1} foi ligeiramente superior ao controle negativo, apresentando a maior capacidade germinação. Os tratamentos em concentração de 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1} apresentaram uma germinação em média de 18,33 sementes por placa, assim como as concentrações de 0,050 g L^{-1} e 0,060 g L^{-1} de em média 3 sementes por placa. Com o tratamento de 0,040 g L^{-1} o número de sementes germinadas foi na média de 11,33 por placa. O tratamento em concentração de 0,070 g L^{-1} apresentou germinação de 0,67 sementes por placa. E nos tratamentos 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1} não apresentaram sementes germinadas, assim como mostra a Figura 36.

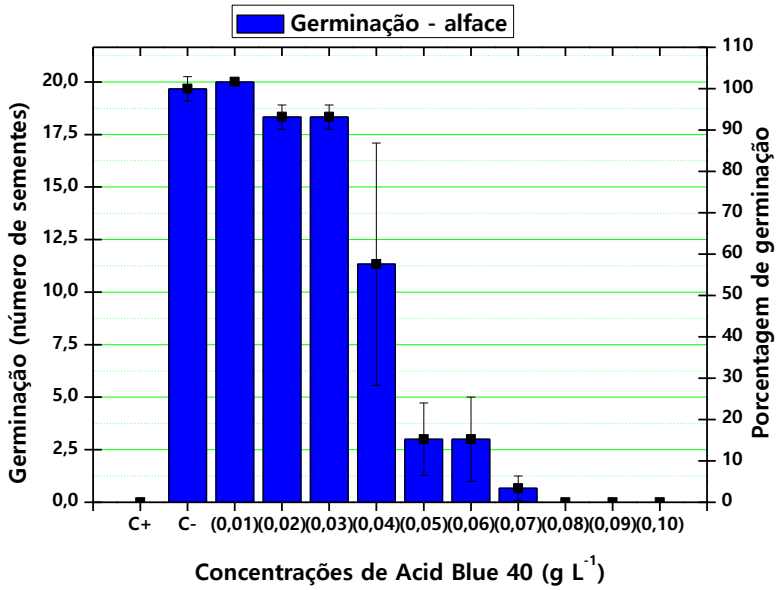

Figura 36: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de alface, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Blue 40. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas de corante. Os organismos expostos as concentrações superiores a 0,070 g L^{-1} apresentarem IG igual a zero, assim como mostra a Figura 37.

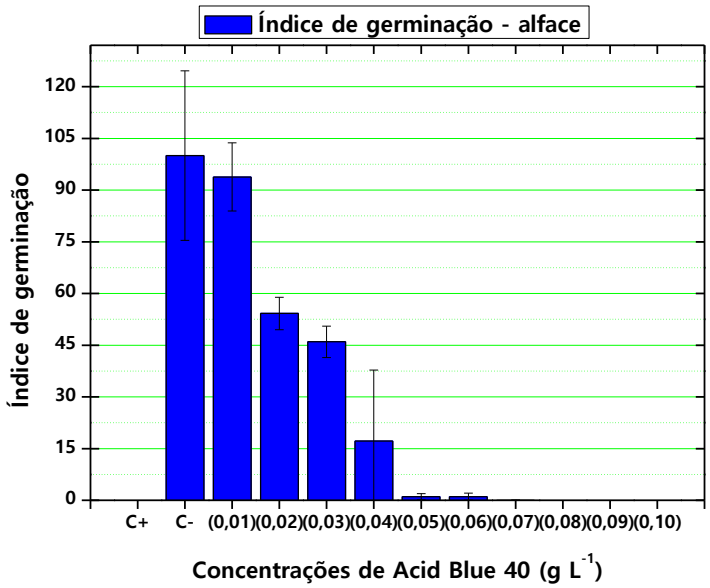

Figura 37: Índice de germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40 de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de alface ou o IG 50 das sementes de alface sob a ação do corante Acid Blue 40. O valor do IG 50 da semente de alface se encontra entre as concentrações de 0,020 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1}. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 54,2 e 45,97%. Portanto o IG50 estimado das sementes de alface ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,251 x 10^1 g L^{-1} de corante Acid Blue 40.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de alface foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. As porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de alface foram aferidas entre as concentrações 0,040 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1}, o indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) não se apresentou e seria enquadrado em concentrações entre 0,030 e 0,040 g L^{-1}, e não tóxicas (inibição menor que 10%) entre 0,010 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1}, como mostra a Figura 38.

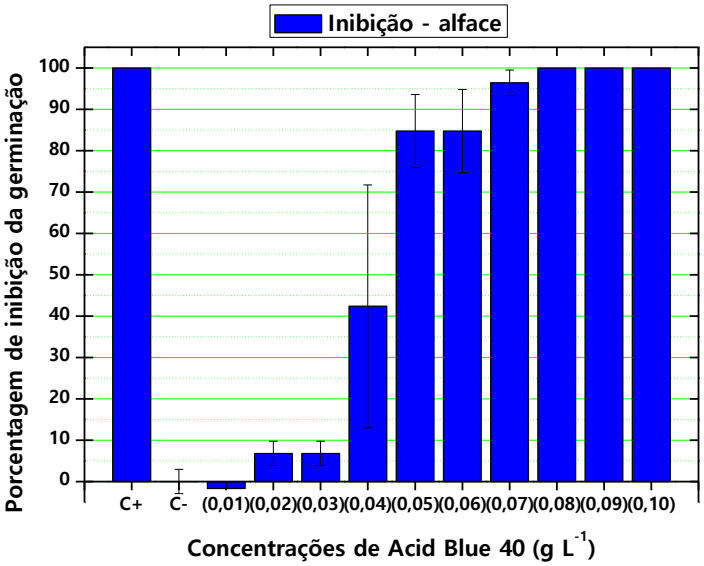

Figura 38: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de alface em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.6.2. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de pepino promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de pepino, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40. Os crescimentos radiculares das placas do controle positivo não demonstraram crescimento radicular. As placas do tratamento em concentração de 0,010 g L^{-1} demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com controle negativo, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Todas as placas submetidas ao corante apresentaram alguma semente com crescimento. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 39.

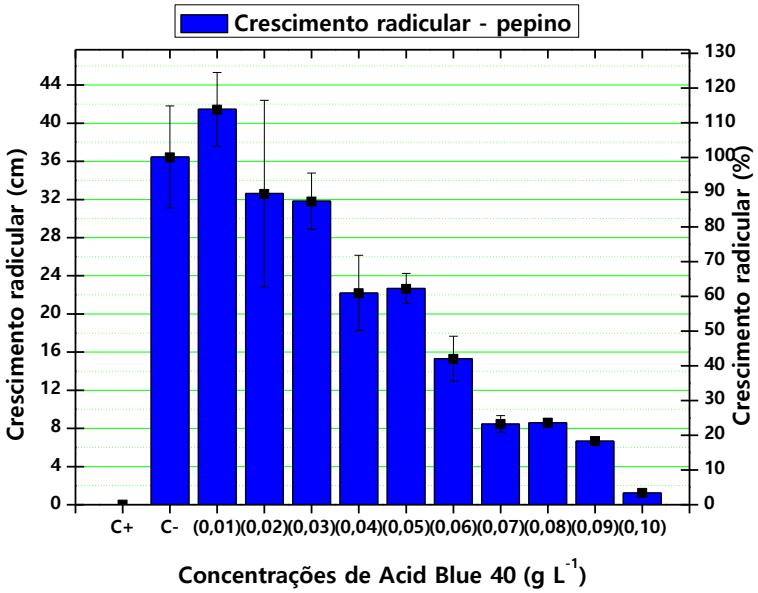

Figura 39: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de pepino em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Para a avaliação da capacidade germinativa foram contabilizadas as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O tratamento com concentração de 0,010 g L^{-1} apresentou o maior número de sementes germinadas seguido pela concentração de 0,030 g L^{-1}, o controle negativo, 0,050 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, igual para as concentrações de 0,070 g L^{-1} e 0,090 g L^{-1} e a mais baixa para 0,100 g L^{-1}. Desta forma a exposição das sementes de pepino as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40 influenciam no desenvolvimento, como mostra a Figura 40.

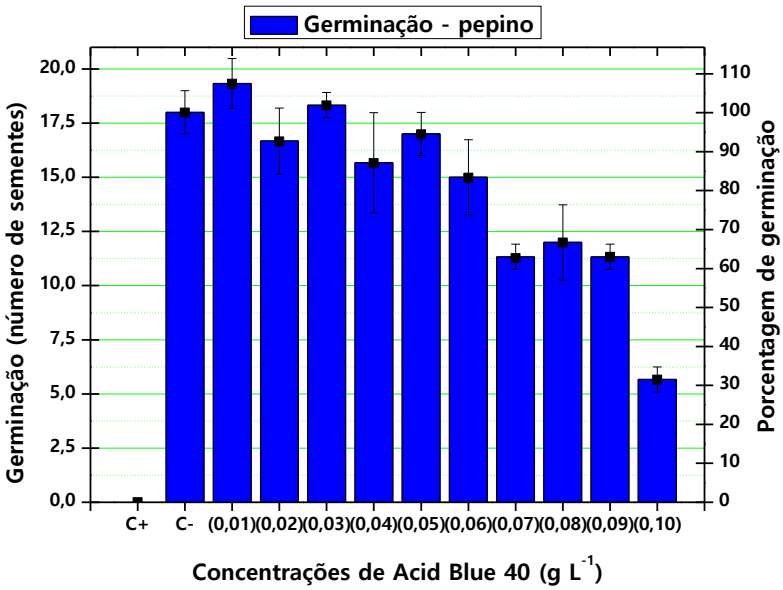

Figura 40: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de pepino, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Blue 40. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O tratamento com concentração de 0,010 g L^{-1} apresentou o maior Índice germinativo sendo o único a superar a sendo o controle negativo. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas de corante, de forma não linear. Os organismos expostos as concentrações de 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1} e 0,070 g L^{-1} apresentando comportamento fora do esperado. Isso pode ter ocorrido devido a variabilidade genética das sementes empregadas nestas concentrações, que tiveram seu crescimento radicular grandemente afetado, o que refletiu no IG das sementes de pepino, assim como mostra a Figura 41.

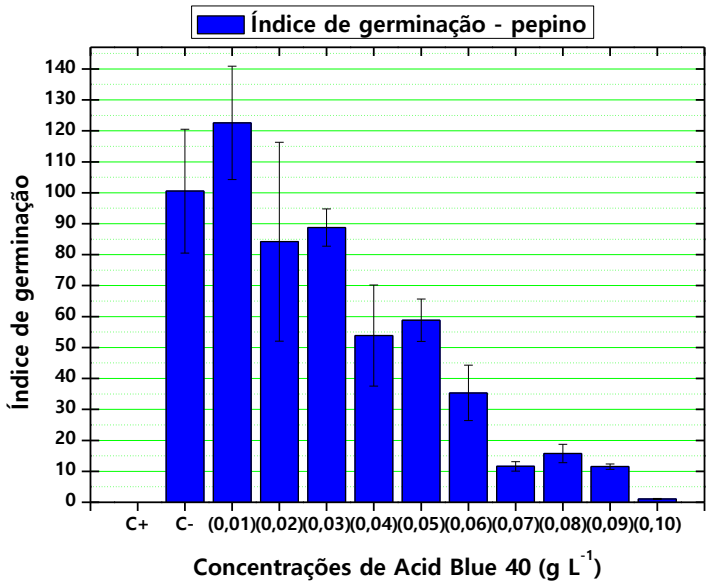

Figura 41: Índice de germinação das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de pepino ou o IG 50 das sementes de pepino sob a ação do corante Acid Blue 40. O valor do IG 50 da semente de pepino se encontra entre os valores de 0,050 g L^{-1} e 0,060 g L^{-1}. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 58,81 e 35,34%. Portanto o IG50 estimado das sementes de pepino ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,5375 x 10^1 g L^{-1} de corante Acid Blue 40.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de pepino foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. A porcentagem de inibição tóxica (superior a 40%) para as sementes de pepino foi aferida na concentração de 0,100 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) nos valores de 0,040 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, e apresentando porcentagem de inibição da germinação não tóxicas (inibição menor que 10%) os tratamentos em concentrações 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,03 g L^{-1}, e 0,050 g L^{-1}, como mostra a Figura 42.

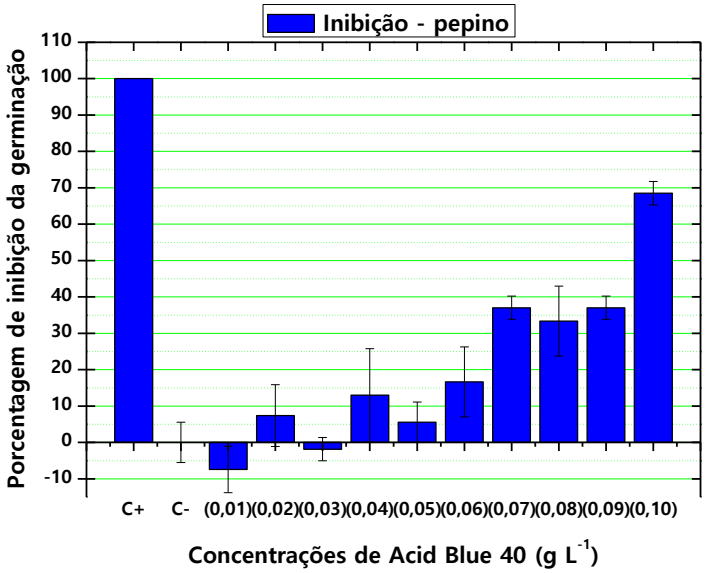

Figura 42: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de pepino em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.6.3. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de rúcula promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de rúcula, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com corante em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 43.

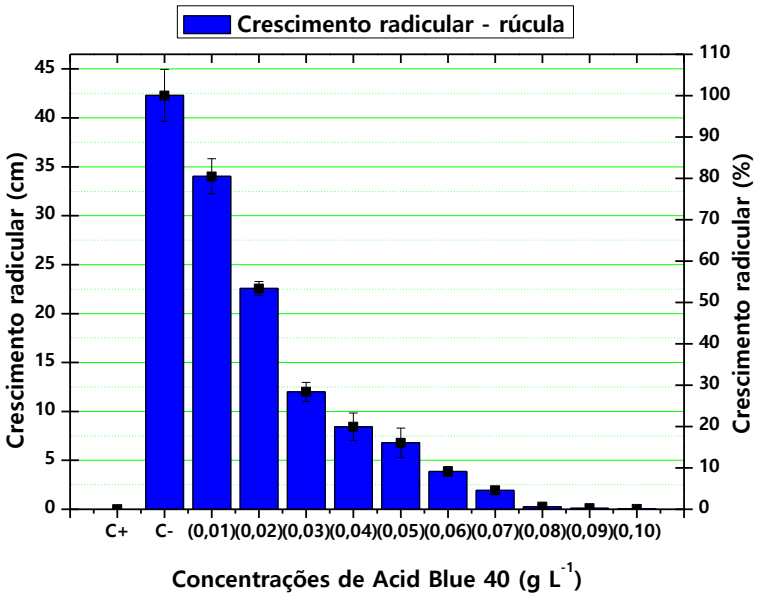

Figura 43: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de rúcula em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações de Acid Blud 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

A avaliação da capacidade germinativa contabilizou as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. Os tratamentos com concentração de 0,010 e 0,020 demonstraram germinação igual entes si e superior ao controle negativo apresentando a maior capacidade germinativa, os demais tratamentos apresentaram uma redução da capacidade germinativa quanto maior a concentração de corante em sequência de concentrações 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1} 0,070 g L^{-1} 0,080 g L^{-1} 0,090 g L^{-1} 0,100 g L^{-1}, assim como mostra a Figura 44.

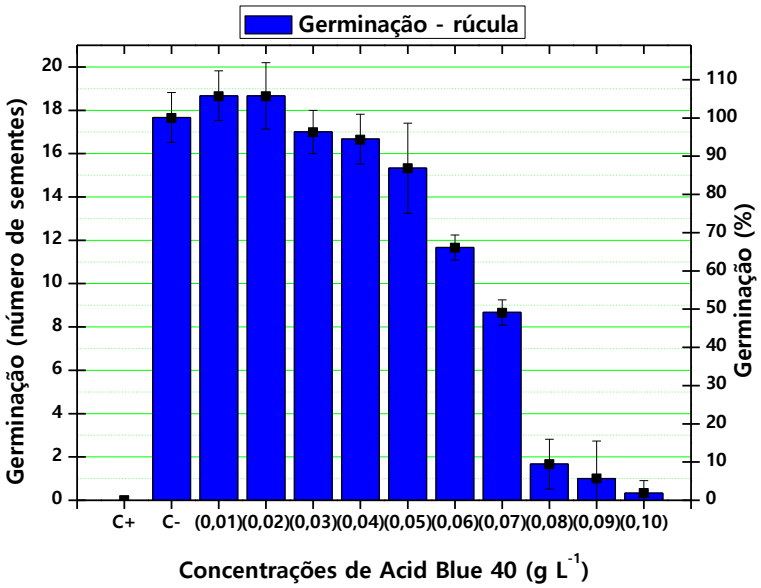

Figura 44: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de rúcula, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Blue 40. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo. Um aumento da inibição da germinação foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas de corante, de forma linear, assim como mostra a Figura 45.

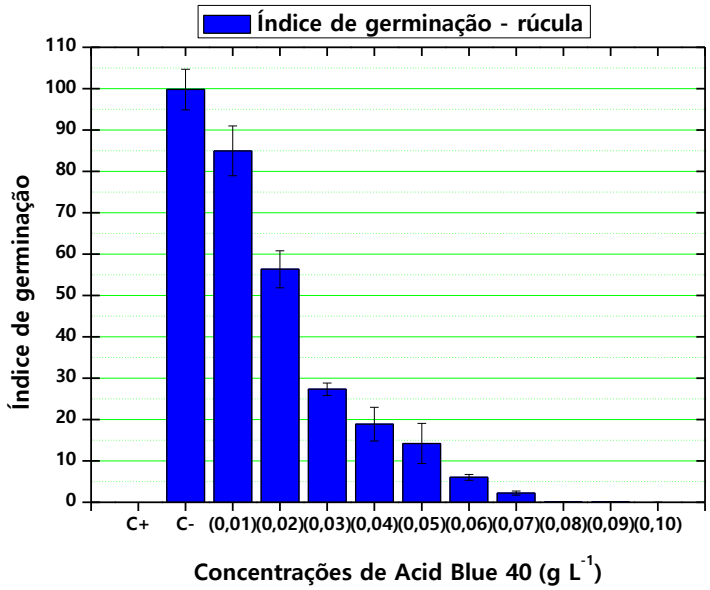

Figura 45: Índice de germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de rúcula ou o IG 50 das sementes de rúcula sob a ação do corante Acid Blue 40. O valor do IG 50 da semente de rúcula se encontra entre as concentrações de 0,020 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1}, respectivamente. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 56,33 e 27,23%. Portanto o IG50 estimado das sementes de rúcula ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,2218 x 10^1 g L^{-1} de corante Acid Blue 40.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de rúcula foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. As porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de rúcula foram aferidas nas concentrações de 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) nos valores de 0,050 g L^{-1} e 0,060 g L^{-1}, e não tóxicas (inibição menor que 10%) nas concentrações de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, como mostra a Figura 46.

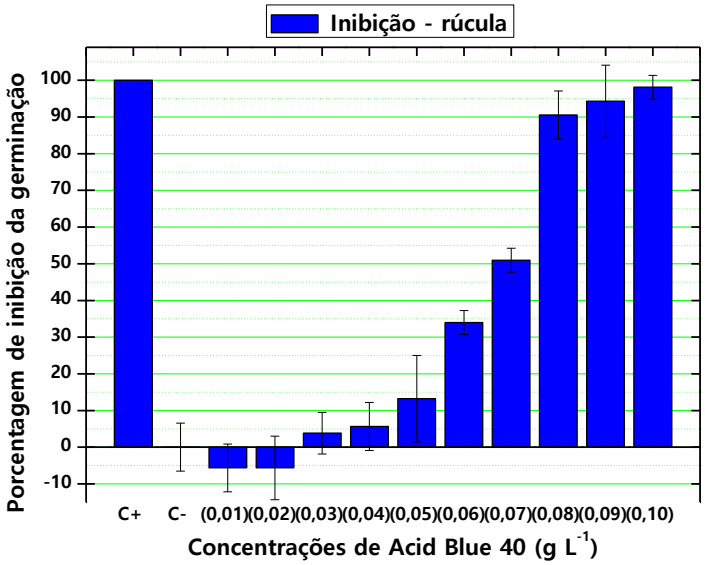

Figura 46: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.6.4. Teste de toxicidade do corante Acid Blue 40 com *S. cerevisiae*

Ao estabelecer os cálculos estatísticos com os resultados da imersão das leveduras em diferentes concentrações de corante Acid Blue 40 ficou evidente que os organismos são mais resistentes que a toxicidade intrínseca do corante, pois os resultados percentuais não apresentaram uma taxa de mortalidade discrepante na comparação com nenhum dos tratamentos mantendo uma constância na taxa de mortalidade, assim como mostra a Figura 47.

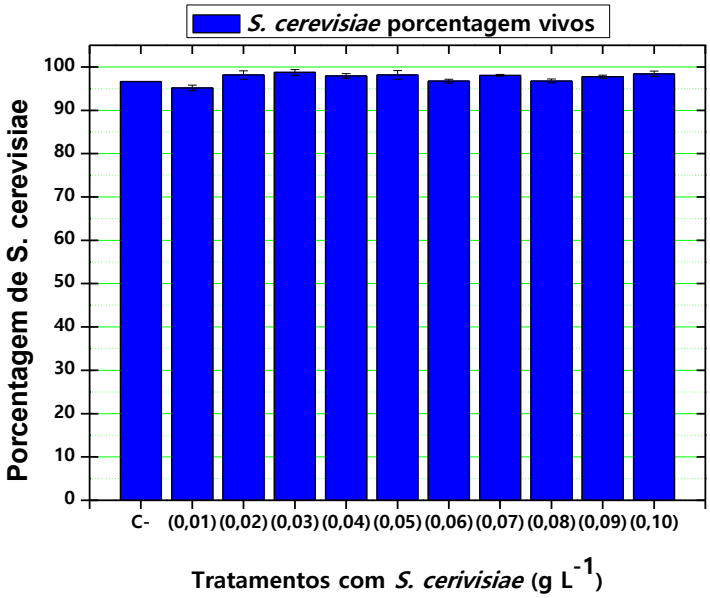

Figura 47: Porcentagem de leveduras que se mantiveram vivas nas medias das triplicatas de cada tratamento, controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.6.5. Bioensaio de toxicidade do corante Acid Blue 40 com microcrustáceo *Artemia salina*

Devido as condições da solução salina necessária para a sobrevivência das artemias, foi observada uma coagulação nas diluições dos corantes. O controle positivo não apresentou organismos vivos, o controle negativo não apresentou mortalidade. E assim como o controle negativo as concentrações de 0,050, 0,060, 0,070, 0,080, 0,090 e 0,100 g L^{-1} de corante Acid Red 114, não apresentarem mortalidade. Apenas nas concentrações de 0,010, 0,020, 0,030, 0,040 g L^{-1} ocorreu mortalidade, assim como mostra a Figura 48.

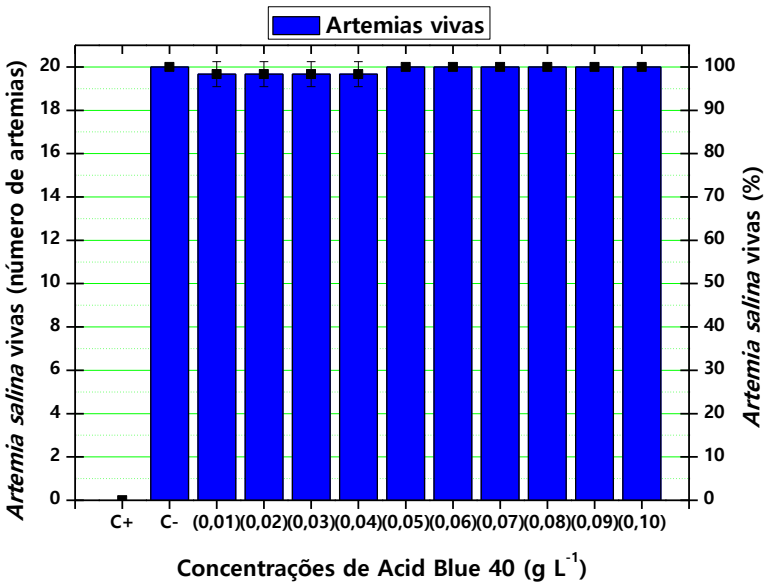

Figura 48: Media dos organismos vivos nos experimentos em triplicata em cada tratamento, controle positivo (C+) controle negativo (C-) e as diferentes concentrações do corante Acid Blue 40, em pH 8,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

O DL_{50} das artemias em solução Acid Blue 40 não foi atribuído devido aos resultados obtidos, que demonstraram uma resistência dos organismos as concentrações de corante as quais foram expostos.

5.7. Testes de toxicidade Mistura Acid Blue 40 e Acid Red 114

5.7.1. Teste de toxicidade com corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de Alface promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de alface, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. As placas do controle positivo não apresentaram crescimento. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com corante em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, respectivamente. As sementes expostas a mistura de corantes

na concentração de 0,100 g L^{-1} não apresentaram crescimento. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 49.

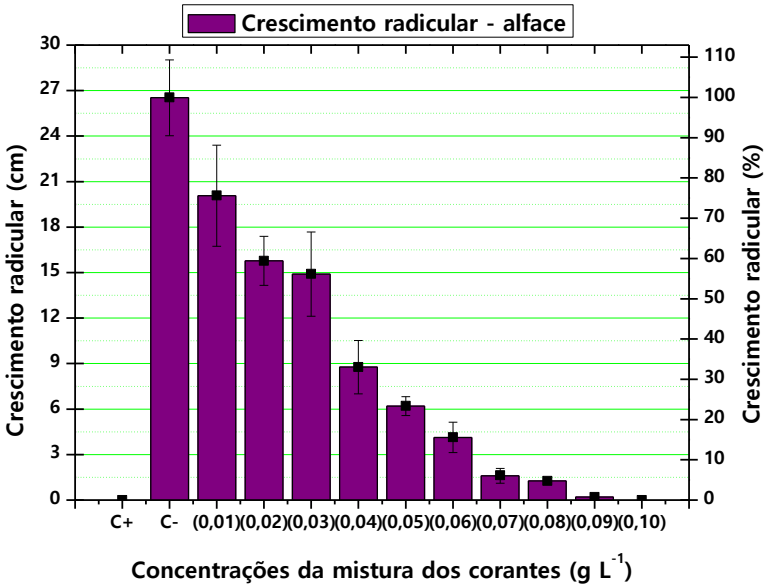

Figura 49: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de alface em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações da mistura das soluções Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

A avaliação da capacidade germinativa contabilizou as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O controle negativo apresentou o maior número de sementes germinadas. Os tratamentos com solução em concentração de 0,010 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1} apresentaram o mesmo número de sementes germinadas e inferior ao controle negativo. Os outros tratamentos apresentaram por número de sementes germinadas, do maior para o menor a sequência de concentrações da solução de 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}. E no tratamento 0,100 g L^{-1} as sementes não germinaram, assim como mostra a Figura 50.

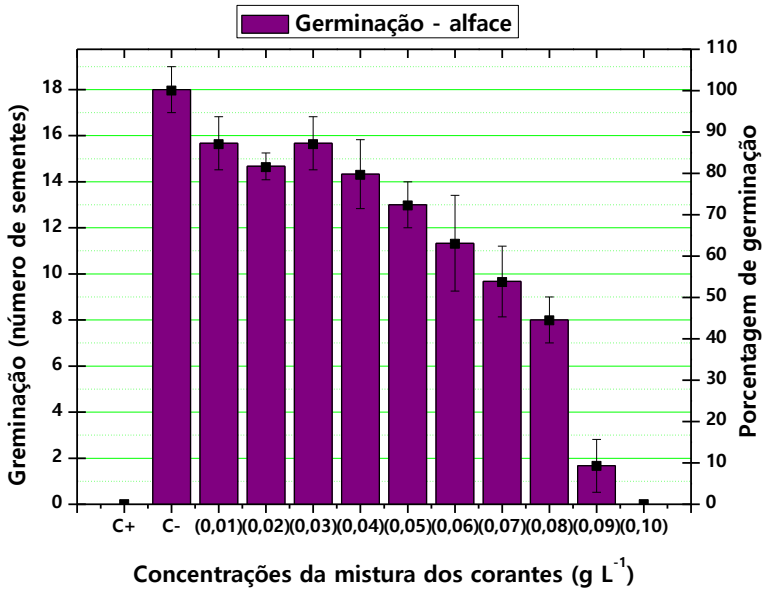

Figura 50: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações das diluições da mistura das soluções Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de alface, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas, sendo o valor do IG das amostras ordenados em ordem de maior para menor nas concentrações de 0,010 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, a mistura de corantes. Os organismos expostos as concentrações de 0,100 g L^{-1}, apresentarem IG igual a zero, assim como mostra a Figura 51.

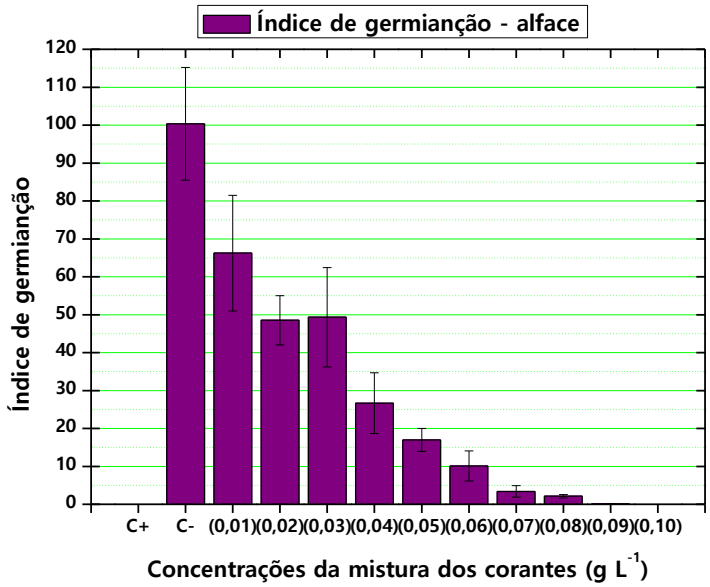

Figura 51: Índice de germinação das sementes de alface em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de alface ou o IG 50 das sementes de alface sob a ação da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. O valor do IG 50 da semente de alface se encontra entre as concentrações de 0,010 g L^{-1} e 0,020 g L^{-1}. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 66,25 e 48,52%. Portanto o IG50 estimado das sementes de alface ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,1917 x 10^1 g L^{-1} da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de alface foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. As porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de alface foram aferidas nas concentrações de 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1}, o indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) nas concentrações de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1} e

0,060 g L^{-1}, e não tóxicas (inibição menor que 10%) não foi encontrada, como mostra a Figura 52.

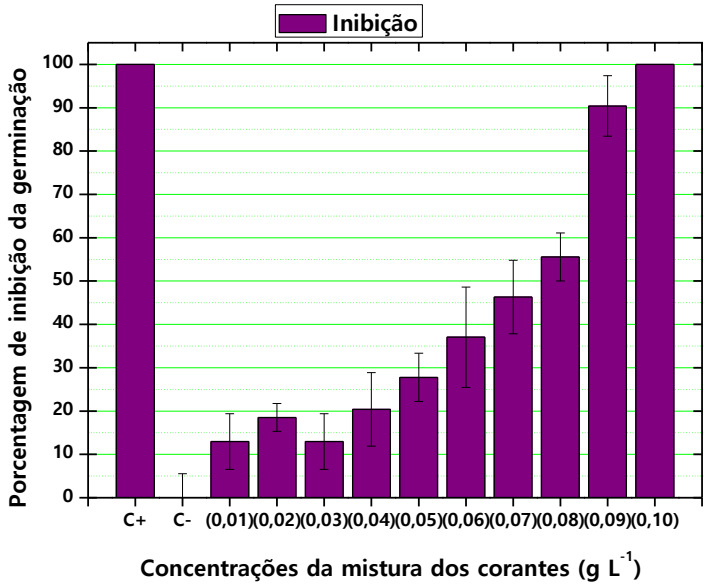

Figura 52: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de alface em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.7.2. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de pepino promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de pepino, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. Os crescimentos radiculares das placas do controle positivo não demonstraram crescimento radicular. As placas do tratamento em concentração de 0,010 g L^{-1} demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com controle negativo, 0,030 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Todas as placas submetidas ao corante apresentaram alguma semente com crescimento. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 53.

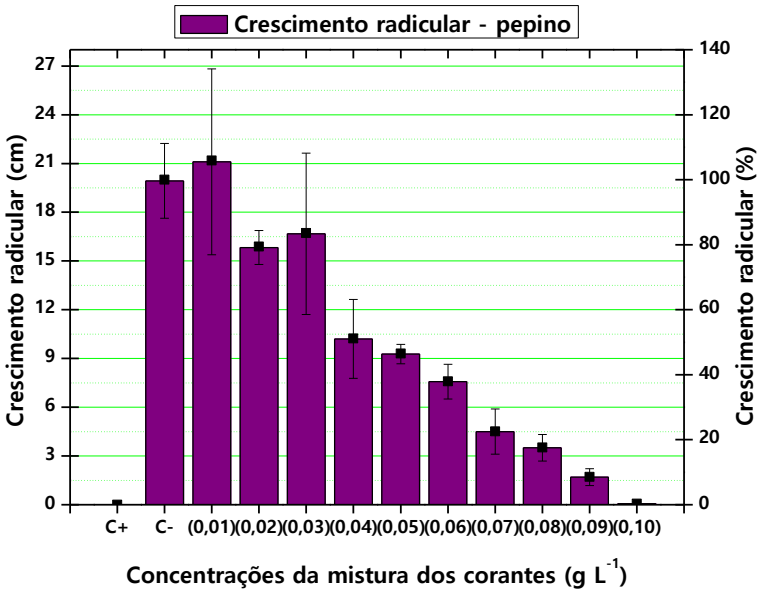

Figura 53: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de pepino em triplicata. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações da mistura das soluções dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114 de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Para a avaliação da capacidade germinativa foram contabilizadas as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O controle positivo não apresentou germinação. O tratamento com a concentração de 0,030 g L^{-1} apresentou o maior número de sementes germinadas, seguida pelo controle negativo e o tratamento com concentração de 0,010 g L^{-1}, concentração de 0,020 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1} e a mais baixa para 0,100 g L^{-1}. Desta forma a exposição das sementes de pepino as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, influenciam no desenvolvimento, como mostra a Figura 54.

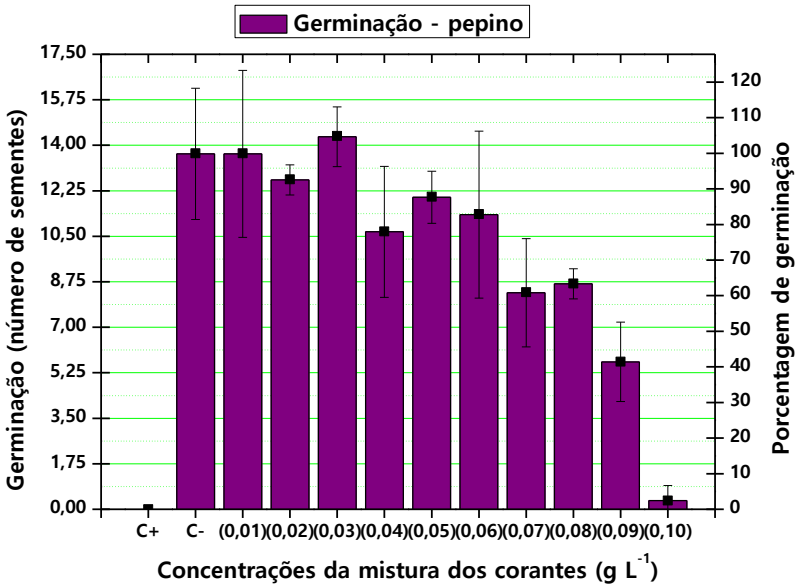

Figura 54: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de pepino, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações de corante Acid Blue 40. O controle positivo apresentou inibição total de crescimento. O tratamento com concentração de 0,010 g L^{-1} apresentou o maior Índice de germinação, seguido pelo controle negativo, o tratamento 0,030 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}. Um aumento da inibição foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas de corante, de forma não linear, assim como mostra a Figura 55.

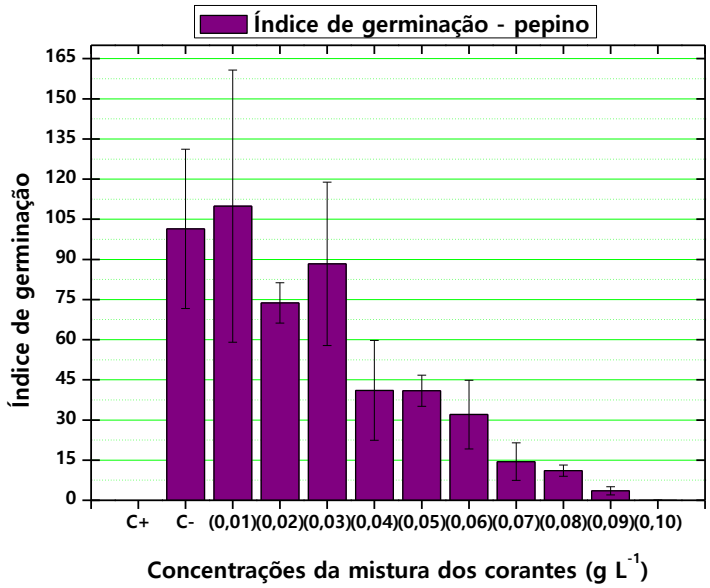

Figura 55: Índice de germinação das sementes de pepino em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de pepino ou o IG 50 das sementes de pepino sob a ação da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. O valor do IG 50 da semente de pepino se encontra entre os valores de 0,030 g L^{-1} e 0,040 g L^{-1}. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 88,34 e 41,06%. Portanto o IG50 estimado das sementes de pepino ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,3811 x 10^1 g L^{-1} de corante Acid Blue 40.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de pepino foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. A porcentagem de inibição tóxica (superior a 40%) para as sementes de pepino foi aferida nas concentrações de 0,090 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) nos valores de 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, e apresentando porcentagem de inibição da germinação não tóxicas (inibição menor que 10%) os tratamentos em concentrações 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, como mostra a Figura 56.

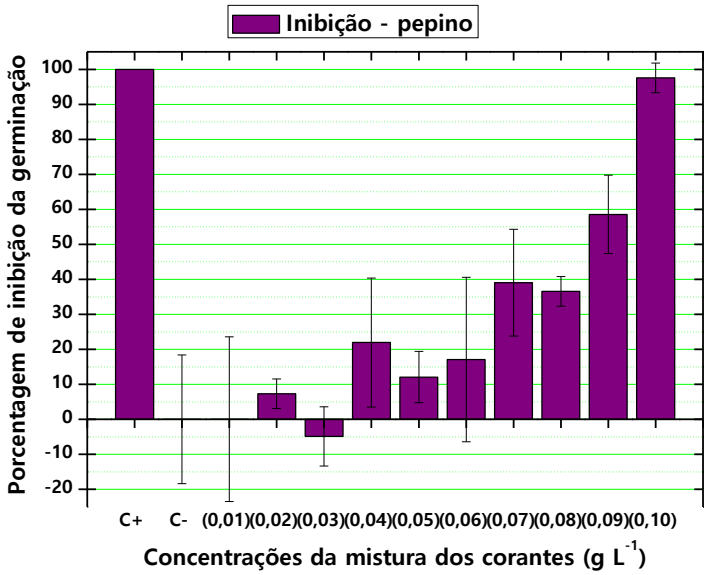

Figura 56: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de pepino em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.7.3. Teste de toxicidade com corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 e Inibição do crescimento radicular e germinação de sementes de rúcula promovida em diferentes concentrações do corante

Para determinar o IG, das sementes de rúcula, a relação da germinação com crescimento da raiz foram os fatores observados na exposição das sementes as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. As placas do controle positivo não demonstraram crescimento. As placas do controle negativo demonstraram a melhor capacidade de crescimento das radículas, seguido pelas placas com corante em concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente. Com o resultado do crescimento radicular foi feita a média aritmética do crescimento radicular dos conjuntos de placas em triplicata, como mostra a Figura 57.

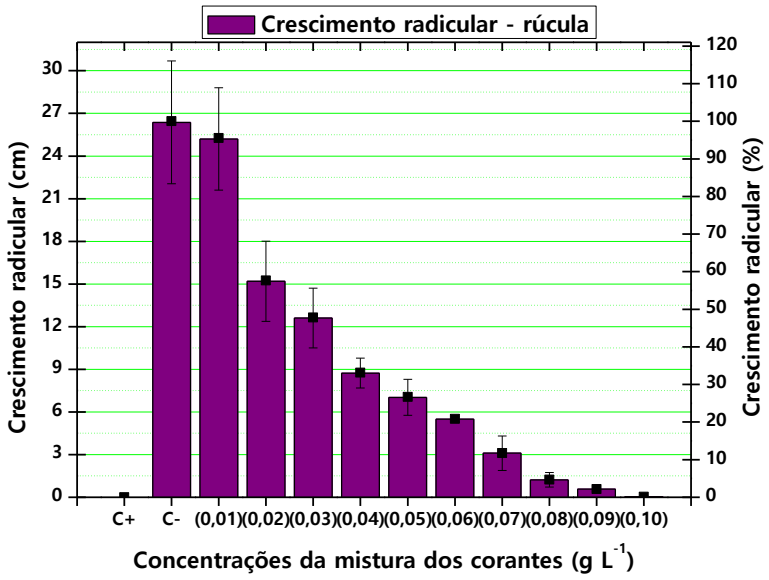

Figura 57: A média do crescimento radicular (cm) e porcentagem dos diferentes testes com semente de rúcula em triplicatas. Controle positivo (C+), controle negativo (C-) e uma sequência das concentrações da mistura das soluções Acid Blud 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

A avaliação da capacidade germinativa contabilizou as sementes que não germinaram, dentre as 60 que compreendem a triplicata, nos diferentes tratamentos aplicados. Na avaliação da inibição da germinação o controle positivo apresentou inibição total. O controle negativo apresentou a maior número de sementes germinadas, seguida pelos tratamentos com concentração de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}, respectivamente, assim como mostra a Figura 58.

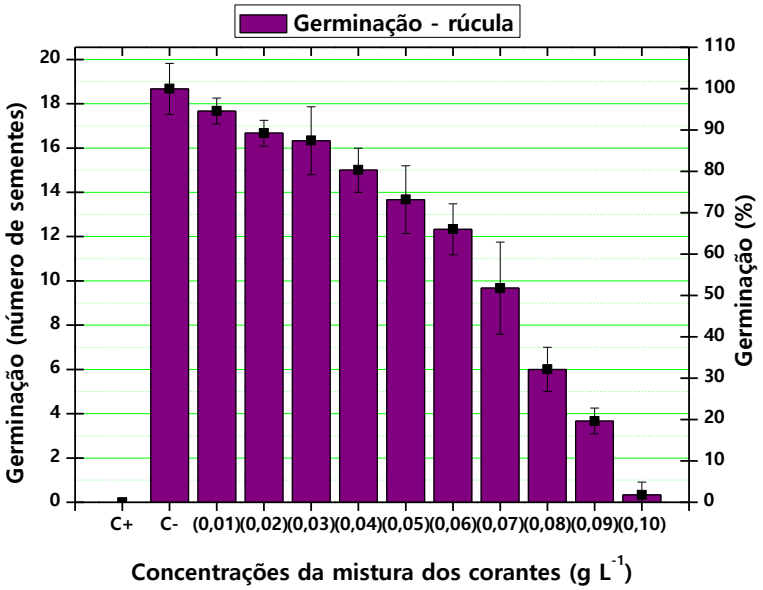

Figura 58: Média da capacidade germinativa e porcentagem das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os dados em porcentagem dos testes, crescimento radicular e germinação de semente de rúcula, foram feitos os cálculos que forneceram o IG nas diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. O controle positivo apresentou inibição total da germinação. O controle negativo apresentou o maior Índice germinativo seguido pelos tratamentos em concentrações de 0,010 g L^{-1}, 0,020 g L^{-1}, 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, 0,060 g L^{-1}, 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1}, 0,100 g L^{-1}. Um aumento da inibição da germinação foi observado quando as sementes foram expostas as concentrações mais altas de corante, de forma linear, assim como mostra a Figura 59.

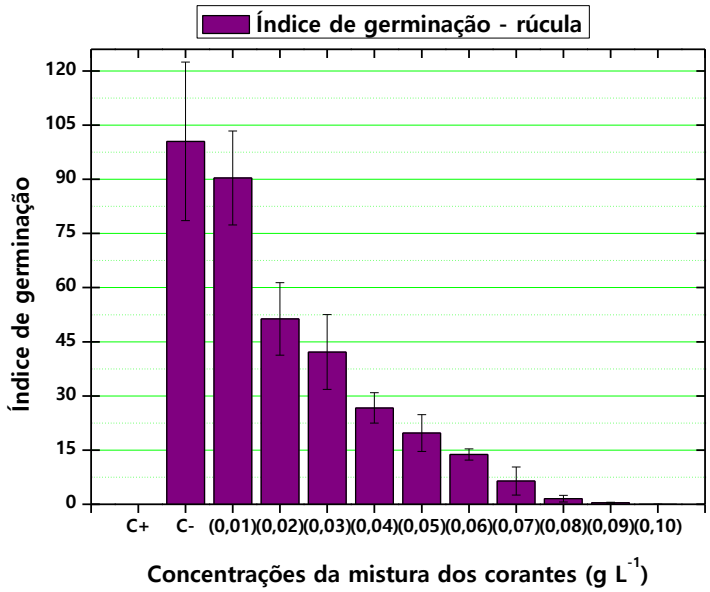

Figura 59: Índice de germinação das sementes de rúcula em cada tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

Com os valores adquiridos com o índice de germinação foi possível, utilizando um cálculo de interpolação linear, estimar a concentração de corante necessária para inibir metade das sementes de rúcula ou o IG 50 das sementes de rúcula sob a ação da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114. O valor do IG 50 da semente de rúcula se encontra entre as concentrações de 0,020 g L^{-1} e 0,030 g L^{-1}, respectivamente. Que são concentrações que apresentam respectivamente os IGs de 51,32 e 42,17%. Portanto o IG50 estimado das sementes de rúcula ficou com a atribuição teórica de uma exposição a uma solução em concentração de 0,2144 x 10^1 g L^{-1} da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114.

As porcentagens de inibição da germinação das sementes de rúcula foram utilizadas para determinar a eficiência do corante na inibição da germinação de sementes. As porcentagens de inibição tóxicas (superior a 40%) para as sementes de rúcula foram aferidas nas concentrações de 0,070 g L^{-1}, 0,080 g L^{-1}, 0,090 g L^{-1} e 0,100 g L^{-1}, com indício de toxicidade (valores entre 10 e 40%) nos valores de 0,020 g L^{-1} 0,030 g L^{-1}, 0,040 g L^{-1}, 0,050 g L^{-1}, e 0,060 g L^{-1}, e

não tóxica (inibição menor que 10%) na concentração de 0,010 g L^{-1}, como mostra a Figura 60.

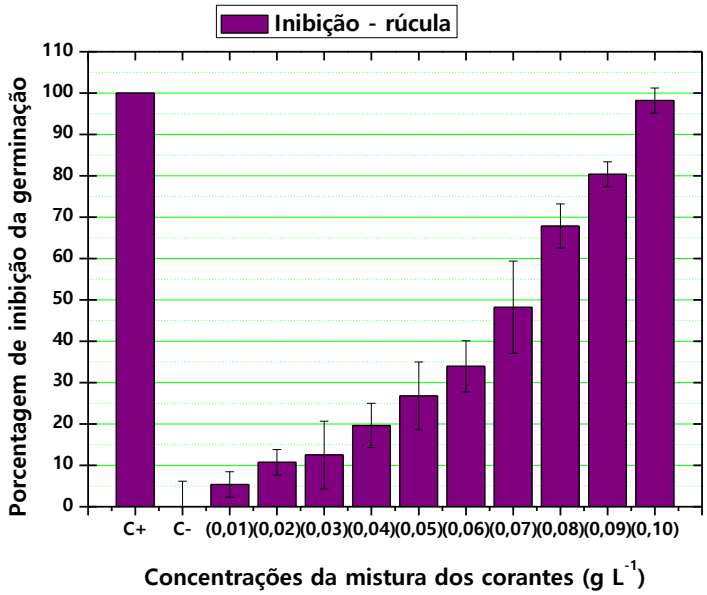

Figura 60: Porcentagem de inibição da germinação das sementes de rúcula em tratamento, com controle positivo (C+), controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.7.4. Teste de toxicidade do corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 com *S. cerevisiae*

Ao estabelecer os cálculos estatísticos com os resultados da imersão das leveduras em diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Red 114 e Acid Blue 40, ficou evidente que os organismos são mais resistentes que a toxicidade intrínseca do corante, pois os resultados percentuais não apresentaram uma taxa de mortalidade discrepante na comparação com nenhum dos tratamentos mantendo uma constância na taxa de mortalidade, assim como mostra a Figura 61.

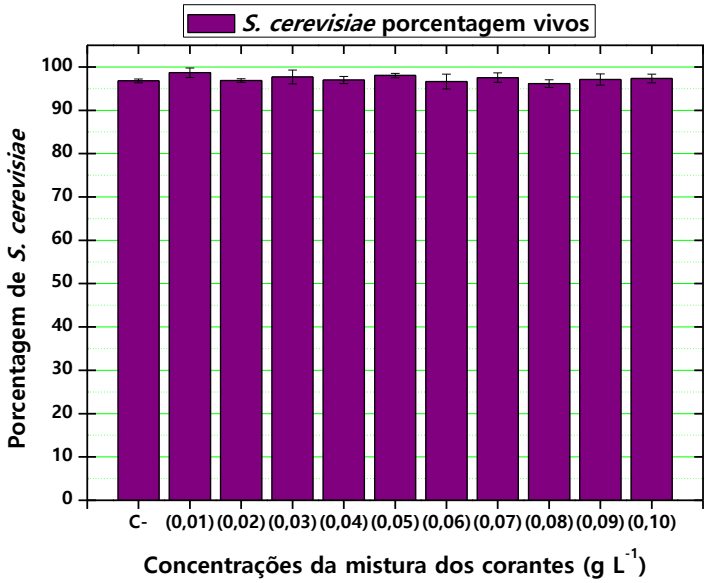

Figura 61: Porcentagem de leveduras que se mantiveram vivas nas medias das triplicatas de cada tratamento, controle negativo (C-) e as diferentes concentrações da mistura dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 7,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

5.7.5 Bioensaio de toxicidade do corante Acid Blue 40 e Acid Red 114 com microcrustáceo *Artemia salina*

Devido as condições da solução salina necessária para a sobrevivência das artemias, ocorreu uma coagulação nas diluições dos corantes. O controle positivo não apresentou organismos vivos, o controle negativo não apresentou mortalidade. E assim como o controle negativo as concentrações de 0,010 e 0,020 g L^{-1}, a mortalidade ocorreu nas demais concentrações sendo a concentração de 0,100 g L^{-1} a que apresentou maior mortalidade, assim como mostra a Figura 62.

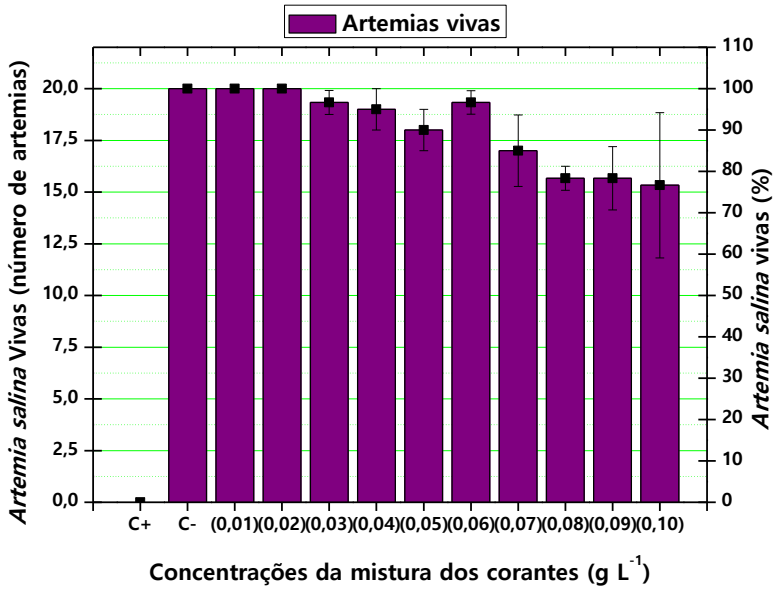

Figura 62: Média dos organismos vivos nos experimentos em triplicata em cada tratamento, controle positivo (C+) controle negativo (C-) e as diferentes concentrações dos corantes Acid Blue 40 e Acid Red 114, em pH 8,00, de 0,010 g L^{-1} a 0,100 g L^{-1} em intervalos de 0,010 g L^{-1}.

O DL_{50} das artemias em solução mistura Acid Blue 40 – Acid Red 114 não foi atribuído devido aos resultados obtidos, que demonstraram uma resistência dos organismos as concentrações de corante as quais foram expostos.

6. CONCLUSÃO

A capacidade de coagulação apresentada pelas variedades de coagulantes foi melhor para a remoção do corante Acid Red 114 (com remoção de até 96,23% em comparação a concentração de corante inicial 0,100 g L^{-1} e pH 5,00) em comparação ao corante Acid Blue 40 (com remoção de até 61,98% em comparação a concentração de corante inicial 0,100 g L^{-1} e pH 5,00). O valor de pH empregado em cada tratamento também foi um fator determinante na capacidade de coagulação dos corantes, sendo a maior capacidade de remoção para ambos os tratamentos em ambos os corantes, encontrado no valor de pH 5,00.

Os coagulantes utilizados apresentaram maior capacidade de remoção do corante Acid Red 114 em comparação ao Acid Blue 40, com maior remoção nos valores de pH mais baixos, sendo o tratamento **A** majoritariamente superior ao tratamento **B**.

Para o descarte de um efluente ser adequado seu valor de pH deve ser próximo do neutro (pH 7,00). Com os resultados das coagulações em pH 7 foi então comparada a capacidade de remoção do corante dissolvido com sua toxicidade.

Ao comparar a remoção promovida pelo coagulante PAC, no corante Acid Red 114, com os testes de toxicidade nas variedades de sementes, foi observado que o coagulante reduz a concentração de corante presente no efluente simulado com os tratamentos **A** e **B,** tornando o efluente não tóxico, com a exceção do tratamento **B** nos valores de pH 7,00 e 8,00, para todas as variedades de sementes.

Ao comparar a remoção promovida pelo coagulante SAIFL, no corante Acid Red 114, com os testes de toxicidade nas variedades de sementes, foi observado que o coagulante reduz a concentração de corante presente no efluente simulado com os tratamentos **A** e **B,** tornando o efluente não tóxico em todos os valores de pH, para todas as variedades de sementes.

Ao comparar a remoção promovida pelo coagulante SAF, no corante Acid Red 114, com os testes de toxicidade nas variedades de sementes, foi observado que o coagulante reduz a concentração de corante presente no efluente simulado com os tratamentos **A** e **B,** tornando o efluente não tóxico, com

a exceção do tratamento **B** nos valores de pH 6,50, 7,00 e 8,00, para todas as variedades de sementes.

Ao comparar a remoção promovida pelo coagulante CF, no corante Acid Red 114, com os testes de toxicidade nas variedades de sementes, foi observado que o coagulante reduz a concentração de corante presente no efluente simulado com os tratamentos **A** e **B,** tornando o efluente não tóxico, com a exceção do tratamento **A** no valore de pH 8,00, e no tratamento **B** nos valores de pH 6,50, 7,00 e 8,00, para todas as variedades de sementes.

Os microrganismos *S. cerevisiae,* assim como as *Artemia salina*, se mostraram resistentes as concentrações do corante Acid Red 114 as quais foram expostas*.*

A remoção do corante Acid Blue 40 com todos os coagulantes nos tratamentos **A** e **B** em pH 7,00, não foi suficiente para remover a toxicidade do efluente simulado, sendo toxica para as três sementes testadas.

Com o PAC nos tratamentos **A** e **B**, em Acid Blue 40, no valor de pH 5,00**,** para as sementes de alface, tornou a solução mais próxima de atingir o limiar do indício de toxicidade e de tóxica. Para pepino e a rúcula as concentrações pós tratamentos mostrou resultados no limiar entre indício de toxicidade e não tóxico neste pH 5,00.

Com o SAIFL nos tratamentos **A** e **B**, em Acid Blue 40, no valor de pH 5,00**,** para as sementes de alface, a solução é tóxica. Para pepino e a rúcula as concentrações pós tratamentos mostrou resultados no indício de toxicidade neste pH 5,00.

Com o SAF nos tratamentos **A** e **B**, em Acid Blue 40, no valor de pH 5,00 para as sementes de alface, este o corante remanescente é tóxica para a alface e para o tratamento **B** da rúcula, indício de toxicidade para o pepino e o tratamento **A** da rúcula neste pH 5,00.

Com o CF nos tratamentos **A** e **B**, em Acid Blue 40, no valor de pH 5,00 o corante remanescente é toxico para alface, para o pepino está no limiar entre o indício de toxicidade e não tóxico, e com indício de toxicidade para a rúcula.

Os microrganismos *S. cerevisiae,* assim como as *Artemia salina*, se mostraram resistentes as concentrações do corante Acid Blue 40, as quais foram expostas*.*

Nos testes de toxicidade com *S. cerevisiae* na mistura dos corantes, Acid Blue 40 com Acid Red 114, mostraram que as leveduras são resistentes as concentrações as quais foram expostas.

Nos testes de toxicidade com *Artemia salina* na mistura dos corantes, Acid Blue 40 com Acid Red 114, mostraram uma mortalidade de 23,33% na maior concentração de exposição. Esta sensibilidade maior dos organismos expostos a combinação dos corantes é notada quando comparada com os organismos expostos aos corantes isolados.

As sementes expostas a combinações dos corantes mostraram uma mortalidade similar as sementes expostas aos corantes isolados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. S. A.; SILVA, J. C. L.; OLIVEIRA, B. C.; HOLANDA, F. L. **Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina.** Gestão de Produção, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 159-172, 2008.

AL-DEGS, Y.; KHRAISHEH, M. A. M.; ALEEN, S. J.; AHMAD, M. N. **Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent.** Water Research, Londres, v. 34, n. 3, p. 927-935, 2000.

AKSU, Z. **Biosorption of reactive dyes by dried activated sludge: equilibrium and kinetic modeling.** Biochemical Engineering Journal, Amsterdan, v. 7, p. 79–84, 2001.

AKYOL, A. & BAYRAMOGLU, M. **Photocatalytic degradation of Remazol Red F3B using ZnO catalyst.** Journal of Hazardous Materials, Amsterdan, v. B124, p. 241–246, 2005.

AYOUB, G. M. A. **A model for flocculation in a gravel reactor: development and assessment.** J. Water SRT – Aqua, v. 45, n. 2, p. 76-83, 1996.

AYRES, M.; AYRES, M. J.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas.** Belém: Sociedade Civil Mamirauá, Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia; Belém Imprensa Oficial do Estado do Pará, 2007. 364 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água.** 2ª Edição. São Paulo: CETESB, 1976.

BAUMANN, E. R. **Water quality and treatment: a handbook of public water supplies.** 3ª Edition. New York: Mcguaw-hill, 1971.

BERTAZZOLI, R. & PELEGRINI, R. **Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico.** Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 477-482, 2002.

BEYDILLI, M. I.; PAVLOSTATHIS, S. G.; TINCHER, W. C. **Biological Decolorization of the Azo Dye Reactive Red 2 under Various Oxidation-Reduction Conditions.** Water Environmental Research, Alexandria, v. 72, n. 6, p. 698-705, 2000.

BLAISE, C. & KUSUI, T. **Acute toxicity assessment of industrial effluents with a microplate-based Hydra attenuata assay.** Massachucetts: Environ. Toxicol. and Wat. Quality, 12: p. 53-60. 1997.

CARVALHO, M. J. H. **Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, PR, 2008.

CATANHO, M.; MALPASS, G. R. P.; MOTHEO, A. J. **Avaliação dos Tratamentos Eletroquímicos e Fotoeletroquímicos na Degradação de Corantes Têxteis.** Química Nova, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 983-989, 2006.

CETESB, São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2003/CETESB - São Paulo, 2004**.- 2v.:il.; 30cm. -(Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103).

CHASIN, A. A. M. & PEDROZO, M. F. M. **O estudo da toxicologia. In: As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos/São Paulo: RiMa/InterTox. 340 p. 2004.

CHONG, M. N.; JIN, B.; CHOW, C. W. K; SAINT, C. **Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review,** Elsevier Ltd, Adelaide, Water Research, v. 44, n. 10, p. 2997-3027, 2010.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Ministério do Meio Ambiente. 23p. 2005.

COSTA, J. B. **Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento de tributários do reservatório de Barra Bonita** (Médio Tietê Superior, SP). Dissertação (Mestrado) – Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

DELLAMATRICE, P. M. **Biodegradação e Toxicidade de Corantes Têxteis e Efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana, SP.** 2005, 137 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas). Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Piracicaba. 2005.

ERNEST, A. N.; BONNER, J. S.; AUTENRIETH, R. L. **Determination of particle collision efficiencies for flocculent transport models.** Journal of Environmental Engineering, v. 121, n. 4, p. 320-329, 1995.

FERRAZ, E. R. A. **Comparação da mutagenicidade dos azo corantes disperse red 1, disperse orange 1, disperse red 13 utilizando o teste de mutagenicidade de Salmonella/microssoma**. 2008, 102 f. Dissertação (Faculdade de ciências farmacêuticas de Ribeirão Preto). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. 2008.

FURLAN, F. R. **Avaliação da Eficiência do Processo de Coagulação-Floculação e Adsorção no Tratamento de Efluentes Têxteis, Dissertação de Mestrado**, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

GEORGIOU, D.; MELIDIS, P.; AIVASIDIS, A.; GIMOUHOPOLUS, K. **Degradation of azo-reactive dyes by ultraviolet radiation in the presence of hydrogen peroxide.** Dyes & Pigments, Amsterdan, v. 52, p. 69–78, 2002.

GUARATINI, C. C. I. & ZANONI, M. V. B. **Textile Dyes.** Química Nova, São Paulo, v. 23, p. 71-78, 2000.

KAWAMURA, S. Optimization of Basic Water – **Treatment Process – Design and Operation: Coagulation and Flocculation.** Aqua, v. 45, n.1, p.35-47, 1997.

KLASSEN, A. **Desenvolvimento de métodos para determinação de aminas aromáticas em amostras têxteis por eletroforese capilar**.2012. 182 f. Tese (Doutorado em Ciências no programa de química) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

KNIE, J. L. W. & LOPEZ, E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos: Métodos, Técnicas e Aplicações**. Florianópolis: FTMA/GTZ. 289 p. 2004

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis.** Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LICSKÓ, I.; PAVLOU, S.; LYBERATOS, G. **Ozonation of Azo Dyes**. Water Science and Technology, London, v. 35, n.4, p.279-286, 1997.

LOPES, P. R. M.; MONTAGNOLLI, R. N.; DOMINGUES, R. F.; BIDOIA, E. D.; **Toxicity and biodegradation in sandy Soil contaminated by lubricant oils.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v.84, p. 454–458, 2010.

MCCONHACHIE, G. L.; FOLKARD, G. K.; MTAWALI, M. A.; SUTHERLAND, J. D. **Field trials of appropriate hydraulic flocculation processes.** Water Research, v. 33, n. 6, p. 1425-1434, 1999.

MCLAUGHLIN, J. L.; COLMAN-SAIZARBITORIA, T.; ANDERSON, J. E. **Tres bioensayos simples para químicos de productos naturales.** Rev. Soc. Venez Quim., v. 18, p. 13-18, 1995.

PAINTING, K. & KIRSOP, B. **A quick method for estimating the percentage of viable cells in yeast population, using methylene blue staining.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 6, n. 3, p. 346-347, 1990.

PELEGRINI, R.; PERALTA-ZAMORA, P.; ANDRADE, A. R.; REYES, J.; DURÁN, N. **Electrochemically assisted photocatalytic degradation of reactive dyes.** Applied Catalysis B: Enviromental, Amsterdan, v. 22, p. 83–90, 1999.

POLLI, G. M.; KUHNEN, A.; AZEVEDO, E. G.; FANTIN, J.; SILVA, R. F. G. **Representações sociais da água em Santa Catarina.** Psicologia em Estudo, Maringá, v. 14, n. 3, p. 529, 536, 2009.

ROBINSON, N. J.; PROCTOR, C. M; CONNOLLY, E. L; GUERINOT, M. L. **A ferricchelatereductase for iron uptakes soils**. Nature, U.K., Newcastle, v. 397, p. 694-697, 1999.

SANTOS, G. R., **Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água / Gabriel Rosa Santos. –** Rio de Janeiro, 2011. UFRJ/EQ, 2011.

SOBRERO, M. C. & RONCO, A. **Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga Lactuca sativa L.** p. 55-67. IN: ROMERO, P. R. & CANTÚ, A. M. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecologia, México, D.F., 2008.

SOUSA, M. L.; MORAES, P. B.; LOPES, P. R. M.; MONTAGNOLLI, R. N.; BIDOIA, E. D. **Photoeletrolytic system applied to remazol red brilliant degradation.** Water Science and Technology, London, v. 63, n. 4, p. 613-618, 2011.

SUSSMAN, S. A. **Crescimento. Microorganismos: crescimento, nutrição e interação**. São Paulo: EDART, 159 p, 1974.

TAMADA, I. S. **Biodegradação e avaliação fitotoxicológica do diesel e biodiesel**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Curso de Pós-graduação em Microbiologia Aplicada, Universidade Estadual Paulista.

TAMADA, I. S.; LOPES, P. R. M.; MONTAGNOLLI, R. N.; BIDOIA, E. D. **Biodegradation and Toxicological Evaluation of Lubricant Oils.** Brazilian Archives of Biology and Technology, v.55, p. 950-953, 2012.

VALADARES, M. C. **Avaliação da toxicidade aguda: estratégias após a "Era DL50".** Revista Eletrônica de Farmácia, v. 3, n. 2, p. 93-98, 2006.

ZANONI, M. V. B. & CARNEIRO, P. A. **O Descarte dos corantes têxteis.** Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 29, n.174, p. 61-64, 2001.