

ESTUDO DA REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO VERMELHO MR 5B UTILIZANDO A QUITOSANA EM PÓ COMO ADSORVENTE ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.

Alexia Melissa Moura de Sousa¹, Prof. Dr. Zilvam Melo dos Santos², Prof.^a Dra. Izabelly Larissa Lucena³.

Autor(a)¹, Orientador², Coorientadora³.

Resumo: Em detrimento dos impactos que as indústrias têxteis tem causado ao meio ambiente, busca-se novas formas de sanar ou diminuir esses impactos utilizando matérias primas possíveis de serem encontradas na natureza. Comumente utilizado nesse setor industrial, corantes utilizados para tingimento são diariamente descartados em água corrente e por sua toxicidade, coloração e difícil remoção, causam degradação ao meio ambiente. Procurando meios para amenizar tais fatos, podemos ver a quitosana como uma forte aliada no estudo da remoção desse tipo de corante, através do método de adsorção. A quitosana, é o principal derivado da quitina, esta por sua vez, é proveniente da carapaça dos artrópodes, além de ser biodegradável, a quitosana vem demonstrando possuir alto potencial tecnológico. Para avaliar a quitosana como adsorvente foi realizado um planejamento experimental, com intuito de se obter as melhores condições experimentais para o estudo proposto. O planejamento fatorial realizado foi um 2^3 , em que os parâmetros observados foram a proporção de Quitosana (0,5, 1,75 e 3 g/L), o pH (4, 7 e 10) e a concentração do corante em g/L^{-1} (50, 125 e 200). Em decorrência dos dados obtidos, pode-se notar que todos os parâmetros foram considerados como significativos, sendo a proporção de Quitosana, em g/L o fator mais significativo. A Quitosana demonstrou um comportamento aceitável quando utilizada como adsorvente, pois em seu melhor resultado obteve um percentual de 77% de remoção do corante reativo vermelho. Através desse estudo é possível observar boas perspectivas da utilização da quitosana como adsorvente na remoção de corante reativo.

Palavras-chave: Quitosana; adsorvente; adsorção; planejamento experimental;

1 Introdução

As indústrias têxteis tem ocupado lugar de destaque entre o setor industrial e muito se é falado sobre sua produção, entretanto, pouco se fala sobre os impactos ambientais que estas tem causado e como sua produção gera resíduos ao meio ambiente. Pode-se citar o elevado volume de águas contendo matéria orgânica, incluindo corantes de fibras têxteis, utilizado em tingimento de tecidos naturais e os mais comuns são os corantes reativos, pois estes apresentam muitas vantagens, tais como fácil diluições em água, alta fixação e facilidade na aplicação.

Para o tratamento desses efluentes, os meios mais comuns, tais como precipitação química, filtração, troca iônica, oxidação/redução e outros tem se mostrando ineficazes, sendo necessária a busca de outros recursos para este fim. Uma maneira que tem sido estudada e experimentada para remoção de corante é a adsorção por meio de um adsorvente, principalmente os de origem natural e que estão presentes na natureza de forma abundante. Um exemplo desse tipo de adsorvente é o carvão natural, elemento muito presente na natureza, porém a utilização desse recurso tem se mostrado inviável, pois possui alto custo. A adsorção é geralmente usada na remoção de compostos orgânicos, presentes em muitos efluentes industriais, e cuja remoção se torna difícil por processos de tratamentos biológicos convencionais, como a desumidificação de gases, recuperação de vapores de solventes dispendiosos, remoção de umidade da gasolina. É comum utilizar-se a adsorção para tratamento de efluentes com metais pesados, sendo um processo bastante eficiente na sua remoção. [1]

Diante de tantos estudos feitos e observados, foi possível notar que polímeros, compostos presentes de maneira rica na sociedade e meio ambiente, tem se mostrado muito útil nesse tipo de estudo e

o método de adsorção, utilizando um polímero proveniente da natureza, que é a quitosana, como um adsorvente, é o que abordaremos neste trabalho. Polímeros são grandes moléculas compostas pela junção de pequenas moléculas conhecidas como monômeros e podem ser classificados em dois tipos: polímeros sintéticos, sintetizados em laboratórios por cientistas e polímeros naturais ou biopolímeros, sintetizados por organismos presentes no meio ambiente. [5].

Um biopolímero, do tipo polissacarídeo, é a quitina, o segundo polissacarídeo mais abundante presente na natureza, perdendo apenas para a celulose, é encontrada na parede celular dos fungos e o exoesqueleto dos artrópodes, isto é, animais como caranguejos e camarões. O principal derivado da quitina, é a quitosana, obtida através do processo de desacetilação da quitina e ela será utilizada como adsorvente nesse estudo. A Quitosana é atóxica, biocompatível e biodegradável, com elevado potencial de adsorção de uma ampla gama de moléculas, incluindo compostos fenólicos, corantes e metais pesados. A quitosana também, por ser rica em fibras, quando ingerida forma um gel no estômago, prolongando a saciedade e podendo auxiliar no processo de emagrecimento. Por causa das propriedades de mucoadesividade, biocompatibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em meio ácido, a quitosana vem ganhando importância na indústria farmacêutica como um promissor agente carreador de fármacos nas formas de membranas, micro e nano-partículas, géis, comprimidos, cápsulas, etc. [2]

Neste contexto, o presente trabalho de conclusão de curso teve por objetivo o estudo da remoção do corante reativo vermelho, bastante utilizado na indústria têxtil, utilizando a quitosana, polímero derivado da quitina, como adsorvente, pelo método da adsorção e utilizando o planejamento experimental para organização e obtenção dos dados.

2 Referencial teórico

2.1 Remoção de Corante Reativo

Dentre as indústrias que causam maior impacto ambiental, está a indústria têxtil, que utiliza uma grande quantidade de água durante o processo de tingimento, onde os corantes que não se fixaram às fibras serão descartados como efluente, tendo como características principais sua toxicidade e cor, que causam impacto ao ecossistema devido a sua complexidade, não sendo, desta forma, assimilado rapidamente pelo meio ambiente. Segundo o banco de dados Colour Index, existem mais de 34.500 corantes e pigmentos diferentes listados, que são classificados em dois grandes grupos em função de sua estrutura química e sua aplicação. Desta forma, a escolha do tipo do tratamento do efluente deve ser cuidadosa. Entre as metodologias disponíveis atualmente, estão a utilização de precipitação química, coagulação, adsorção e tratamentos biológicos (lodos ativados, tratamento aeróbio e anaeróbio), que são efetivos somente na remoção da carga orgânica, porém não removem a cor do meio ou geram grandes quantidades de lodos, transferindo somente o corante de fase e não o degradando. [4].

Os corantes reativos são os mais comuns porque apresentam vantagens como cores brilhantes, estabilidade na cor e facilidade de aplicação. Eles têm sido um dos mais utilizados no Brasil para a tintura de algodão, devido à sua reatividade com as fibras e sua estabilidade de cor. [3].

2.2 Quitosana

Percussora da quitosana, a quitina é um polímero do tipo polissacarídeo estrutural encontrado em abundância na natureza. A quitina é encontrada na parede celular dos fungos e no exoesqueleto dos artrópodes, isto é, animais como aranhas, caranguejos, camarões e outros. No caso dos fungos, a quitina é parte constituinte da parede celular que proporciona rigidez às células. Atualmente, a quitina apresenta grande potencial para uso biotecnológico por ser uma substância não alergênica e biodegradável. Sua fórmula molecular é $(C_8H_{13}O_5N)_n$.

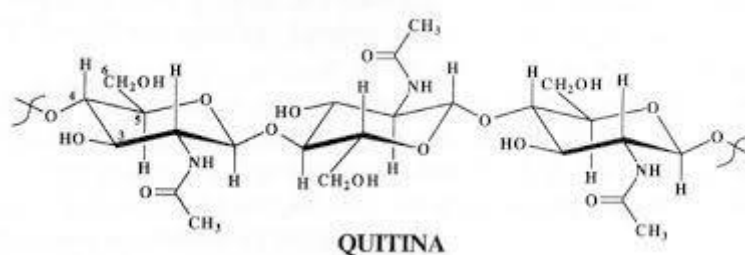


Figura 1 – Fórmula estrutural da Quitina. (MOURA J. M, 2005).

O principal derivado da quitina é a quitosana, ela é obtida pelo processo de desacetilação alcalina em uma extensão no qual é caracterizada pelo grau médio de desacetilação, que representa a porcentagem de grupos NH_2 livres. Para ser considerada quitosana o grau de desacetilação da quitina deve estar em torno de 50%, tornando-se ácido em meio aquoso [8].

A execução da reação química de N-desacetilação da quitina, através do emprego de soluções concentradas de hidróxido de sódio e de temperaturas elevadas, para a produção de quitosana, é considerada um aspecto importante na utilização comercial deste polímero. Esse processamento deve ser realizado de maneira adequada, a fim de garantir que, ao final do processo, a obtenção de quitosana com alto grau de pureza, sobretudo isenta de contaminantes, como proteínas, endotoxinas e metais tóxicos. As condições utilizadas, como concentração de hidróxido de sódio, temperatura e tempo de reação, determinam a massa molar média e o grau de desacetilação médio na quitosana obtida. Ao contrário desse processo químico, a desacetilação enzimática produz quitosana com pequenas variações em sua massa molar e grau de desacetilação [16].

A presença de um número de amina permite que a quitosana reaja quimicamente com sistemas aniônicos, resultando na alteração das características físico-químicas dos reagentes e no desenvolvimento de novas propriedades para as combinações em questão. Não obstante, a quitosana tem propriedades antiácidas e antiulcerosas, o que previne ou enfraquece as irritações causadas por fármacos no estômago [6].

A quitosana vem sendo bastante estudada por se tratar de um polímero natural, biodegradável, extremamente abundante e atóxico, a quitosana tem sido proposta como um material potencialmente atraente para usos diversos, principalmente em engenharia, biotecnologia e medicina [7].

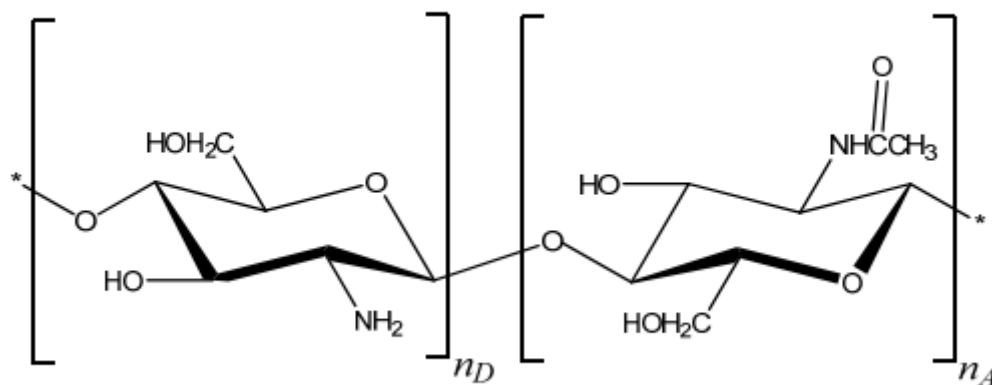


Figura 2 – Fórmula estrutural da Quitosana. (CARONI, A.L. 2009).

2.3 Adsorção

A adsorção é um processo que possui vantagens e relativa eficiência para remoção de contaminantes orgânicos de efluentes coloridos, utilizando adsorventes empregados em operações simples [9].

A adsorção é causada principalmente por forças de Van der Waals ou forças eletrostáticas entre as moléculas do soluto e os átomos que compõe a superfície do adsorvente. Portanto, os adsorventes são caracterizados pelas suas propriedades superficiais, tais como área especificada ou polaridade. A adsorção é geralmente usada na remoção de compostos orgânicos, presentes em muitos efluentes industriais, e cuja remoção se torna difícil por processos de tratamentos biológicos convencionais, como a desumidificação de gases, recuperação de vapores de solventes dispendiosos, remoção de umidade da gasolina. É comum

utilizar-se a adsorção para tratamento de efluentes com metais pesados, sendo um processo bastante eficiente[1]. Diversos fatores podem afetar o processo de adsorção, como área superficial, as propriedades do adsorvente e do adsorvato, a temperatura do sistema, natureza do solvente e o pH do meio [10].

2.4 Planejamento experimental

Nos últimos anos, o uso de técnicas multivariadas de planejamento experimental tem se tornado cada vez mais frequente pela comunidade de Química Analítica. Estas técnicas possibilitam estudos de otimização com as seguintes vantagens: a) as interações entre as variáveis são levadas em conta durante a realização dos experimentos; b) o número de experimentos necessário é menor, contribuindo para uma diminuição no consumo de reagentes e tempo; c) identifica a significância dos fatores nos processos; d) viabiliza a obtenção de modelos que refletem a importância dos fatores nos sistemas estudados. Entre estas técnicas, o planejamento fatorial de dois níveis é um dos mais empregados. Este permite a avaliação preliminar dos fatores nos processos, determinando um modelo linear que é estabelecido entre a resposta de interesse e os fatores que afetam o referido processo [11].

O planejamento implica em uma visão preliminar da pesquisa como um todo, prevendo o conjunto das ações que serão executadas em seu desenvolvimento. Enunciar as hipóteses de trabalho é ponto fundamental da investigação científica. A fase experimental corresponde à criação de uma situação particular ideal, estabelecendo-se um modelo que possibilite a observação dos fatos em todos os seus detalhes e que, por fim, permita comprovar ou rejeitar as hipóteses. Qualquer que seja a pesquisa, clínica ou em laboratório, é fundamental que o pesquisador a execute em função de um planejamento adequado, para que seus resultados sejam válidos. No planejamento deverá constar, ainda, um item referente aos métodos estatísticos que serão empregados para a análise dos dados. Um planejamento adequado, com questões claramente formuladas, deverá resultar em uma análise estatística simples e objetiva. O alcance dos resultados e o grau de generalização das conclusões do estudo dependem da maneira como são levados em conta os fatores que influenciam a resposta e do enunciado das condições e restrições da pesquisa, que devem estar explicitamente discutidas no planejamento [12].

3 Materiais e métodos

3.1 Materiais

Todos os materiais utilizados neste experimento foram fornecidos pela Universidade Federal Rural do Semiárido. O adsorvente utilizado foi a Quitosana em pó fornecido pela empresa Polymar com o grau de desacetilação de 73,86%, que foi determinado por análise condutimétrica de acordo com a metodologia usada por Caroni 2009. O adsorvato foi o corante reativo vermelho MR 5B produzido pela empresa Texpal.

3.2 Métodos

3.2.1 Análises espectrofotométricas

Um espectrofotômetro é um sistema utilizado para medir a absorbância da luz. A luz oriunda de uma fonte contínua passa por um monocromador, que seleciona uma estreita faixa de comprimentos de onda do feixe incidente. Essa luz monocromática passa pela amostra a um comprimento x e a energia radiante da luz emergente é medida[14]. Para determinação do espectro de absorção soluções de corante vermelho foram preparadas em diferentes faixas de pH's (4, 7 e 10). Esses valores de pH's foram escolhidos pois em um valor muito baixo, como 2 ou 3, a quitosana poderia ser dissolvida pela solução, não sendo possível assim o processo de adsorção na substância, sendo assim, o pH 4 possivelmente acarretaria resultados mais satisfatórios, o pH 7 foi escolhido por ser dito como pH neutro e o 10 possui o mesmo intervalo entre o 4 e o 7, além disso, ele é conhecido por ser um pH básico. Inicialmente, foi determinado o espectro de absorção, que consiste em um conjunto de comprimentos de onda de uma substância, no qual possui como objetivo determinar o comprimento de onda máximo no qual a substância, nesse caso a solução de corante reativo vermelho MR 5B para cada pH, consegue absorver o máximo de radiação, essa determinação foi feita através do espectrofotômetro GEHAKA, modelo UV 340G.

A faixa de comprimento de onda varrida foi entre 350 nm a 800 nm, esse intervalo está dentro da região visível de um corante. Onde os comprimentos de onda máximos encontrados para os pH's 4, 7 e 10 foram, respectivamente, 538, 538 e 539 nm. Com esses dados, foi possível obter curvas analíticas ou curvas de varredura com bons ajustes lineares, que realacionam a concentração de corante com a absorbância, obtendo assim coeficientes de correlação próximos a unidade.

3.2.2 Planejamento experimental

Neste trabalho, foi aplicado o planejamento experimental estatístico com o objetivo de estabelecer uma melhor relação entre os parâmetros observados no estudo da remoção do corante reativo vermelho MR

5B através do método de adsorção. Foi feito um planejamento estatístico do tipo 2³, realizando uma triplicata no ponto central, em que foi avaliado a quantidade de quitosana em grama por litro, o pH da solução e a concentração do corante na solução. A Tabela 2 mostra os níveis do planejamento que foram utilizados.

Tabela 1 – Níveis das variáveis do planejamento experimental 2³ para remoção do corante reativo vermelho MR 5B. (Autoria própria).

Níveis dos fatores	pH	Proporção de Quitosana (g/L)	Concentração (g/L ⁻¹)
-1	4	0,5	50
0	7	1,75	125
1	10	3	200

Em seguida, foi gerada uma Tabela 2 que apresenta a matriz experimental que foi utilizada para o estudo da remoção do corante reativo vermelho e a partir dela, foram realizados 11 ensaios em laboratório.

Tabela 2 – Matriz experimental do planejamento. (Autoria própria).

Ensaios	pH	Proporção de Quitosana (g/L)	Concentração do corante (g/L ⁻¹)
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9 (ponto central)	0	0	0
10 (ponto central)	0	0	0
11 (ponto central)	0	0	0

3.2.3 Ensaios de Adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados conforme o planejamento experimental apresentado na Tabela 2. Para execução dos ensaios de adsorção foram colocadas em cada Erlenmeyer, 25ml da solução com corante reativo MR 5B em contato com a quantidade adequada para cada experimento de quitosana em pó e postas sob agitação durante 24 horas, a condições de 160 RPM e uma temperatura de 37°C, usando um Agitador Orbital denominado Incubadora SHAKER SL 222 SOLAB. Após esse período de tempo, os balões foram retirados do agitador e as soluções foram submetidas a centrifugação durante 10 minutos a 4000 RPM, em centrifuga (modelo 80 – 2B). Após isso, as amostras foram analisadas no espectrofotômetro.

3.2.4 Obtenção do Percentual de Remoção

Após a realização dos experimentos em laboratório a obtenção dos percentuais de remoção do corante reativo vermelho foi calculada através da equação (Equação 1).

$$\text{Percentual de remoção(\%)} = \left(\frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde,

C_0 = Concentração inicial;

C_f = Concentração final;

4. Resultados e discussão

3.3 Planejamento experimental

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos quando variamos pH, concentração do corante e a concentração de quitosana, de acordo com o planejamento experimental.

Tabela 3 – Rendimentos obtidos através do processo de adsorção. (Autoria própria).

Ensaio	pH	Proporção de Quitosana (g/L)	Concentração (g/L ⁻¹)	Remoção (%)
1	-1	-1	-1	62,17
2	1	-1	-1	21,58
3	-1	1	-1	77,70
4	1	1	-1	69,17
5	-1	-1	1	37,62
6	1	-1	1	3,46
7	-1	1	1	53,91
8	1	1	1	31,06
9	0	0	0	51,11
10	0	0	0	53,30
11	0	0	0	55,12

Como é possível observar, os ensaio que obteve maior percentual de remoção foi o ensaio 3, em que seu pH, sua proporção de quitosana em g/L e sua concentração de corante são os menores possíveis, de acordo com o que foi fornecido pelo planejamento experimental.

Quando observamos o experimento 6, temos o menor valor de percentual de remoção. Foi verificado que esse resultado ocorre para o processo realizado no pH básico, menor concentração de quitosana e maior concentração de corante. Esse resultado deve-se provavelmente a pequena quantidade de adsorvente presente no meio, que não é capaz de adsorver uma concentração de corante tão elevada. Além disso, o pH também influencia o processo. Visto que para menores valores de pH obtém-se valores melhores de percentual de remoção. A possível justificativa deve-se ao fato de o processo de adsorção de corantes reativos ocorrer mais facilmente em meio ácido, uma vez que a literatura sugere que o processo ocorra por atração eletrostáticas entre o adsorvente e adsorvato. [13].

Analisando dois ensaios que possuem a mesma proporção de quitosana e a mesma concentração de corante, mas possuem valores de pH diferentes, sendo um ácido e outro básico, como o 1 e o 2, vemos que o percentual de remoção do corante reativo vermelho referente a eles possui uma significativa diferença, sendo 62,17% e 21,58%, respectivamente, obtendo assim uma diferença de pouco mais de 40%. Esse fato ressalta ainda mais o que foi dito anteriormente, em que possivelmente, o processo de adsorção obtém resultados mais satisfatórios em meio ácido.

Analisando os dados experimentais estatisticamente através de um software Statistica versão 10 foi gerado o diagrama de Pareto (Figura 3), que mostra que todos os parâmetros estudados nesse experimento foram significativos na faixa experimental analisada, com intervalo de confiança de 95%. O valor positivo para a concentração de Quitosana em g/L estabelece uma proporção direta que quanto maior esse valor, maior será a remoção do corante. Os outros parâmetros estudados, pH e concentração do corante, também se mostraram significativos e seus valores negativos no diagrama indicam que quanto menor forem esses valores, maior será o percentual de remoção do corante.

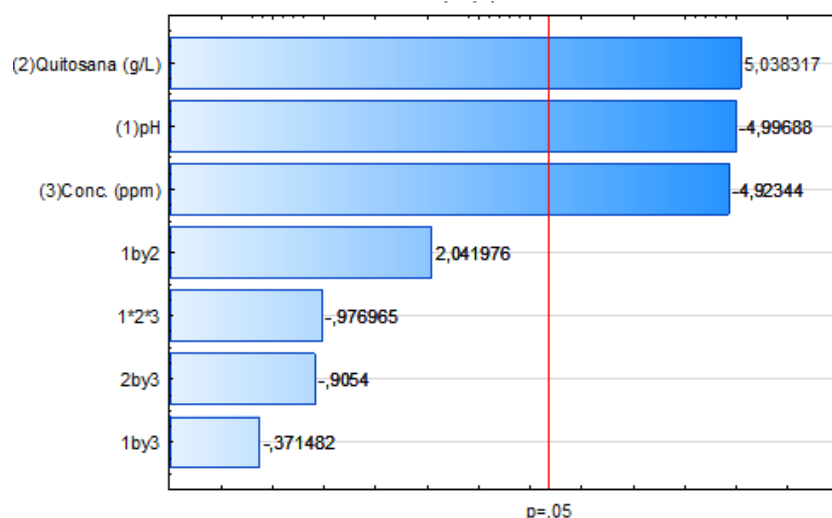


Figura 3 – Diagrama de Pareto com intervalo de confiança de 95%. (Autoria própria).

A partir da obtenção dos coeficientes da regressão linear, foi possível formular um modelo estatístico codificado para a variável resposta (percentual de remoção) em função das variáveis estudadas o pH (X_1), a concentração de quitosana (X_2) e a concentração de corante (X_3). A equação do modelo matemático codificado é representado da seguinte forma: (Equação 2)

$$\text{Percentual de remoção} = (46,9273 \pm 2,264110) - (26,5325 \pm 2,654905)X_1 + (26,7525 \pm 2,654905)X_2 - (26,1425 \pm 2,654905)X_3 + (10,8425 \pm 2,654905)X_1X_2 - (1,9725 \pm 2,654905)X_1X_3 - (4,8075 \pm 2,654905)X_2X_3 - (5,1875 \pm 2,654905)X_1X_2X_3 \quad (2)$$

A seguir, tem-se a Tabela 4 que representa a análise das variâncias (ANOVA) para a remoção do corante reativo vermelho MR 5B utilizando a quitosana como adsorvente.

Tabela 4 - ANOVA para a reação de remoção do corante reativo vermelho utilizando a quitosana como adsorvente, R (coeficiente de determinação) = 0,9642; $F_{7:3; 0,05} = 8,89$. (Autoria própria).

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	4549,146	7	649,878	11,5268
Erro	169,164	3	56,388	
Total SS	4718,310	10		

Através da Tabela 4, é possível verificar que o coeficiente de determinação (R) obtido pela regressão realizada no software, é de 0,9642, considerando um bom coeficiente. Para que sejam confirmados a significância dos parâmetros do estudo pela análise da ANOVA (tabela 4), foi realizado um teste F. Nesse teste F, o valor de F obtido através da regressão ou também chamado F calculado, deve possuir valor superior ao F tabelado, para que o modelo seja considerado significativo ou preditivo. O F tabelado para um intervalo de 95% de confiança é de 8,89 e quando comparando este resultado ao F calculado, que possui valor igual a 11,5268, observamos que este possui valor maior ao F tabelado, significando que nosso modelo é preditivo.

A Figura 4 mostra o comportamento dos valores preditos em relação aos valores observados. Através desse gráfico podemos verificar um bom ajuste dos dados experimentais ao modelo estatístico linear proposto para os níveis estudados das variáveis pH, concentração de quitosana e concentração de corante em solução para o intervalo de confiança de 95%, representado pela aproximação dos pontos a linha representativa, confirmando que o modelo é preditivo.

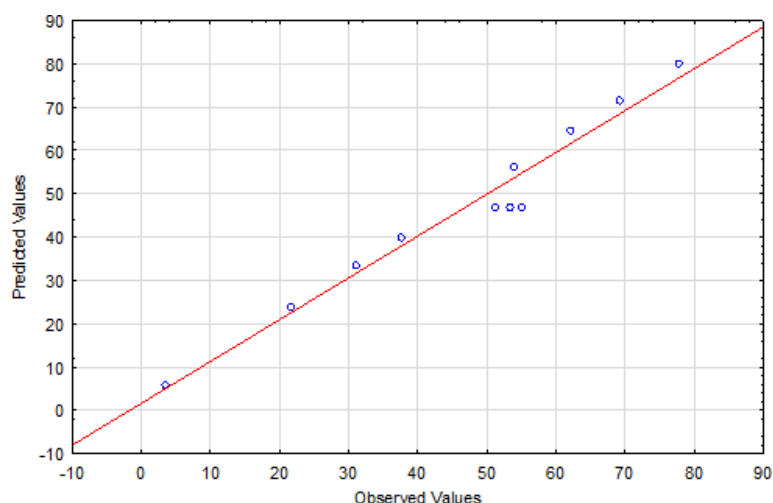


Figura 4 – Valores preditos em função dos valores observados do corante reativo vermelho MR 5B. (Autoria própria).

As Figuras 5 e 6 mostram as superfícies respostas para o processo de adsorção do corante tendo como adsorvente a quitosana em pó, assumindo como variável resposta o percentual de remoção do corante. É possível observar através dos gráficos que à medida que a concentração de quitosana em g/L aumenta, maior será o valor da taxa de remoção do corante. Sugerido que a melhor condição experimental que favorece o aumento do percentual de remoção do corante vermelho MR 5B será para uma quantidade de quitosana de 3g/L, quando os experimentos forem realizados em pH ácido e com a menor concentração de corante reativo em solução. Através desses gráficos de superfície, também é possível concluir que certamente é necessário o pH mínimo para melhores resultados e a quantidade de quitosana deve ser máxima, mas não necessariamente a maior quantidade possível, estando o valor da concentração de quitosana necessário entre o ponto central e o ponto máximo, ou seja, entre 1,75 g/L a 3g/L.

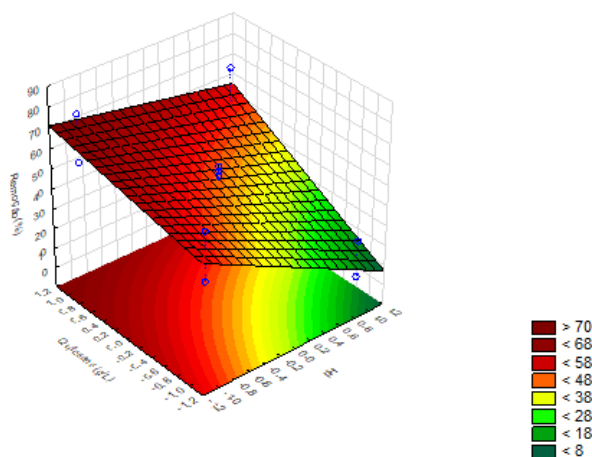


Figura 5 - Remoção em função do pH e proporção de quitosana. (Autoria própria).

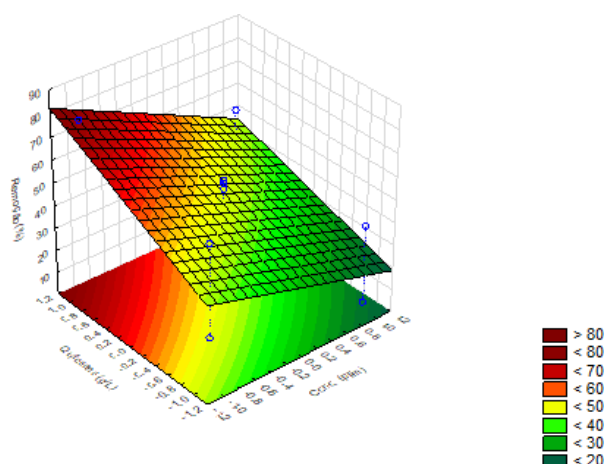


Figura 6 – Remoção em função do pH e concentração do corante. (Autoria própria).

De acordo com os resultados obtidos através da realização dos experimentos, que foram feitos de acordo com a matriz de planejamento experimental, que tem por objetivo a realização dos ensaios necessários em menor tempo e com menor uso de reagentes, foi possível notar que em pH ácido, os percentuais de remoção de corante serão maiores, resultados parecidos foram obtidos no estudo de remoção do corante laranja 3R MR usando o bagaço da semente de melão como adsorvente estudado por Leocádio (2014), em que de acordo com a literatura, trabalhando com o mínimo de pH possível a adsorção se tornou mais eficiente, com altos percentuais de remoção. Além disso, é possível notar também a grande influência da proporção de quitosana nos resultados obtidos, pois quando sua proporção se aproxima do valor máximo dentro dos parâmetros estudados, os percentuais de remoção obtidos também são maiores, quando combinados a soluções em meio ácido.

4 Conclusão

Fazendo uso da quitosana em pó como adsorvente e utilizando o planejamento experimental fatorial, foi possível observar e avaliar a remoção do corante reativo vermelho MR 5B. Através dos resultados obtidos, foi possível concluir que quanto maior a concentração de quitosana, em g/L, maior a eficiência da adsorção realizada para experimentos executados em pH ácido e com menores concentrações de corante em solução. Além disso, a quitosana demonstrou ser um adsorvente adequado para adsorção do corante reativo estudado, onde o melhor resultado em termos de percentual de remoção obtido foi 77,10%. Esse fato é benéfico pois, além de biodegradável e não possuir características tóxicas, a matéria prima da quitosana pode ser facilmente encontrada na natureza.

5 Referências Bibliográficas

- [1] SILVA, M. Impregnação de Metais em xisto retornado para uso como adsorventes. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Centro de Ciência Exatas e da Terra. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- [2] TRINDADE, C. Membranas de quitosana micro e macroporosas: preparo, caracterização e estudos de permeabilidade. 2008. Tese (Doutor em Química) – Centro de Ciências Exatas e da Terra. Universidade do Rio Grande do Norte.
- [3] GUARANTININI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. 1999. Revisão bibliográfica - Departamento de Química Analítica. Universidade Estadual Paulista.
- [4] AMORIM, J. Degradação de Corante Têxtil através de coluna permeável reativa de ferro metálico. 2017. 131p. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [5] BRUCE, Paula. Química Orgânica. 4ª edição, volume 2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- [6] DREVE, S. Structural investigation of chitosan-based microspheres with some antiinflammatory drugs. Journal of Molecular Structure, v. 977, n. 1-3, p. 78-86, Maio, 2011.
- [7] AZEVEDO, V. V. C., CHAVES S. A., BEZERRA, D. C., FOOK, M. V., COSTA A. C. F. M. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. 14 nov. 2007, 24 dez. 2007. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Campina Grande – PB, p.24-37.
- [8] RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. Progress in Polymer Science, Oxford, v. 31, n. 7, p. 603-632, Junho. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670006000530>>. Acesso em: 23 de setembro de 2022.
- [9] FALCHI, P. Preparo e aplicação de esferas de quitosana contendo ferro zero valente nano estruturado para a degradação de corante azoico. 2018. 45P. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [10] DO NASCIMENTO, R. F. et al. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Biblioteca de Ciências e Tecnologia, 2014.

- [11] FERREIRA, Sérgio. Uso de técnicas de planejamento experimental em Química Analítica. Grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria, 2012. Disponível em: https://www.cuqa.fq.edu.uy/Congreso2012/conferencias/Conf_SFerreira.pdf. Acesso em: 02 de novembro de 2022.
- [12] CURI, Paulo Roberto. Alguns Aspectos do Planejamento Experimental, 1987. Disponível em: <https://www.bjan-sba.org/article/5f503f218e6f1a03048b45b8/pdf/rba-37-5-341.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.
- [13] LEOCÁDIO, Aglaer. Estudo cinético e isotérmico da adsorção do corante laranja reativo 3R MR utilizando sementes de melão (*Cucumis Melo L.*) como adsorvente. 2014. 58P. Monografia – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró – RN, 2014.
- [14] HARRIS, D.C. Análise Química Quantitativa, 5a ed., LTC, Rio de Janeiro, 2001.
- [15] MENESES, Bárbara. Estudo cinético e isotérmico do ácido salicílico utilizando a quitosana como adsorvente. 2015. 64P. Monografia – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró – RN, 2015.
- [16] CARONI, A. L. Estudos de adsorção de tetraciclina em partículas de quitosana. 2009. 145P. Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2009.

