

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO DE UM EFLUENTE DE GALVANOPLASTIA

Giovana Maria Genevro, Luiz Gustavo de Lima Vaz, Márcia Teresinha Veit, Edson Antonio da Silva, Márcia Regina Fagundes-Klen (Orientador/UNIOESTE) e-mail: fklen@bol.com.br.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Engenharias e Ciências Exatas – Toledo – PR

**Palavras-chave:** sulfato de alumínio, quitosana, coagulação/floculação.

### Resumo:

O presente trabalho tem por objetivo otimizar o processo de coagulação/floculação no tratamento primário de um efluente de galvanoplastia por meio de um planejamento saturado de Plackett e Burman (PB12) seguido de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), estudando as seguintes variáveis: concentração (C), velocidade de mistura rápida (VMR) e lenta (VML) e tempo de mistura rápida (TMR) e lenta (TML), com 30 min de sedimentação. Foram empregados coagulantes sulfato de alumínio (inorgânico) e quitosana (orgânico) no processo de coagulação/floculação. As variáveis de resposta analisadas para cada coagulante foram: cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO. O agente coagulante quitosana apresentou os melhores resultados de remoção, as condições operacionais otimizadas foram: 100 rpm para TMR, 20 rpm para TML, 4,27 e 29,67 min para VMR e VML, respectivamente, na concentração de 29,67 ppm e tempo de sedimentação de 30 min.

### Introdução

A maioria dos sais de metais pesados é solúvel em água e conseqüentemente não pode ser separado por processos físicos convencionais de separação. A necessidade de um gerenciamento dos recursos hídricos, notadamente em virtude de sua deterioração e esgotamento, resultou na implementação de Leis e Normas Ambientais cada vez mais restritivas quanto ao despejo dos efluentes.

A indústria da galvanoplastia se apresenta como uma fonte geradora de efluentes contendo metais pesados (cromo, cobre, zinco, níquel, cádmio, chumbo), uma vez que emprega em seus processos de eletrodeposição uma variedade de soluções metálicas e um volume considerável de águas de lavagem que, dependendo do porte da indústria, situa-se entre 250 e 2.000 L/h, havendo instalações em que esta quantidade ultrapassa os 10.000 L/h (Braile e Cavalcanti, 1993). Em relação à vazão dos efluentes, estes variam consideravelmente, dependendo do tamanho das seções de galvanização, havendo relatos desde 8 até 1500 m<sup>3</sup>/dia (Veit, 2006).

Os despejos industriais dos processos de galvanoplastia causam, em geral, graves problemas de poluição hídrica por conterem metais pesados, que acima de determinadas concentrações podem ser tóxicos ao ambiente e ao ser humano.

Estão disponíveis vários tratamentos convencionais para a remoção de metais pesados em efluentes líquidos industriais tais como a precipitação química (seguida de coagulação e floculação), a evaporação, a troca iônica (adsorventes orgânicos naturais ou resinas), as tecnologias de membrana (ultrafiltração, eletrodialise e osmose inversa), os processos eletroquímicos e os de sorção. Normalmente estes tratamentos para remoção de metais pesados, são ineficientes, dispendiosos e produzem resíduos sólidos, com alto teor de metais pesados.

Geralmente a primeira etapa do tratamento de efluentes contendo metais pesados é a coagulação química a qual provavelmente influencia significativamente as etapas de tratamento subseqüentes. Dada a importância deste processo de separação é fundamental estudos do comportamento dos agentes coagulantes nesta etapa. Existem vários tipos de coagulantes de origem química e vegetal. Os principais coagulantes químicos utilizados são: sulfato químico, cloreto férrico, hidroxícloreto de alumínio e sulfato férrico (Pavanelli, 2001).

A necessidade crescente da otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempo, maximizando rendimento, produtividade e qualidade de produtos, dentre outros objetivos, tem despertado a busca de técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos. A metodologia do planejamento fatorial, associada à análise de superfícies de respostas, é uma ferramenta fundamentada na teoria estatística, que fornece informações seguras sobre o processo, minimizando o empirismo que envolve técnicas de tentativa e erro (Barros Neto et al., 2007).

O planejamento experimental reduz o número de experiências ou repetições e melhora a qualidade da informação obtida através dos resultados, o que significa uma sensível diminuição do trabalho e, conseqüentemente, do tempo e do custo final. O planejamento consciente dos experimentos que devem ser realizados para determinar, e mesmo quantificar, a influência das variáveis sobre as respostas desejadas, é indispensável para que resultados confiáveis sejam obtidos e para que análises estatísticas consistentes possam ser realizadas (Barros Neto et al., 2007).

Quando iniciamos com um grande número de fatores (normalmente superior a quatro), é necessário mais de um delineamento experimental para se atingir o objetivo desejado. Inicia-se com a seleção dos fatores realmente significativos, os quais merecem um estudo mais aprofundado, e complementa-se o fatorial mais tarde, se necessário (Barros Neto et al., 2007).

O planejamento saturado de Plackett e Burman (PB12) permite utilizar um número elevado de variáveis com um número reduzido de experimentos, com o intuito de se selecionar as variáveis mais significativas e, em seguida, elaborar uma estratégia de otimização com o uso de outros tipos de

planejamento. É um planejamento que nos fornece informações quanto à importância dos efeitos sobre a(s) resposta(s) e se a faixa escolhida de estudo é a mais adequada, e ainda, em que direção devemos seguir no próximo planejamento (Barros Neto et al., 2007).

A otimização do processo é realizada por meio da metodologia de superfícies de resposta (ou RSM, de *Response Surface Methodology*), uma técnica de otimização baseada em planejamentos fatoriais. A metodologia de superfícies de resposta tem duas etapas distintas, modelagem e deslocamento, que são repetidas tantas vezes quantas forem necessárias, com o objetivo de atingir uma região ótima da superfície. O Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) é um método de investigação do ponto ótimo de trabalho com a realização de um planejamento completo, somado a um planejamento em estrela e mais repetições no ponto central (Barros Neto et al., 2007).

Alguns biopolímeros estão sendo investigados mais intensamente que outros, como é o caso da *Moringa Oleifera* (Da Silva et al., 2003) e da Quitosana (Moraes et al., 2005). Em geral os estudos são aplicados ao tratamento de águas para fins potáveis. Assim, há lacunas sobre o conhecimento acerca da aplicação de biopolímeros, em especial os de origem vegetal, no tratamento de diferentes águas residuárias industriais (Da Silva et al., 2003).

A quitosana é um produto natural, de baixo custo, renovável e biodegradável, de grande importância econômica e ambiental. Geralmente é obtida a partir da quitina, extraídas das carcaças de crustáceos. É um biopolímero do tipo polissacarídeo, possui uma estrutura molecular quimicamente similar à fibra vegetal (celulose), diferenciando-se somente nos grupos funcionais. Sendo solúvel em meio ácido diluído, formando um polímero catiônico.

As vantagens potenciais do uso de polímeros são a redução da quantidade de lodo e a sua maior amenidade à desidratação. Embora o custo unitário dos polímeros catiônicos seja cerca de 10 a 15 vezes maior que o custo do sulfato de alumínio, as reduzidas dosagens requeridas reduz seu custo, próximos aos dos coagulantes químicos. Outra vantagem dos polímeros catiônicos são as características do lodo formado, relativamente mais denso o que facilita sua desidratação e disposição final. Ao contrário do lodo gelatinoso e volumoso oriundo do uso do sulfato de alumínio. Além disso, os flocos resultantes da coagulação com sulfato de alumínio são essencialmente de natureza inorgânica, portanto, o lodo não entra em decomposição biológica (Santos Filho e Santa Rita, 2002).

O lodo gerado pela quitosana apresenta um elevado teor de matéria orgânica que facilita o processo de decomposição natural.

Desta forma o presente trabalho teve por objetivo avaliar dois coagulantes (quitosana e sulfato de alumínio) e determinar as condições ótimas do processo de coagulação/floculação no tratamento primário de um efluente de galvanoplastia.

## **Materiais e Métodos**

### *Caracterização do efluente*

Foram realizadas duas coletas em datas distintas do efluente proveniente de uma indústria de galvanização localizada na região oeste do Paraná. As atividades desenvolvidas nesta indústria são: estanhagem, niquelagem, cromagem e cobreação, sendo as águas de lavagem provenientes destes tratamentos de superfícies destinados num único tanque de tratamento. A quantidade de efluente gerado na indústria está diretamente relacionada à produção diária de peças, uma vez que a empresa opera em função de pedidos de clientes. Após cada coleta foi realizada a caracterização do efluente, segundo cor (mgPtCo/L), turbidez (NTU), DQO (mg O<sub>2</sub>/L) e pH.

### *Testes de precipitação*

Foram realizados testes de precipitação variando o pH inicial do efluente do primeiro lote até 12, com intervalo de 0,5 pela adição de solução de NaOH de concentração 0,1 N. Este ensaio teve como finalidade identificar o pH em que se inicia a precipitação. Amostras do efluente foram dispostas em béqueres de 100 mL e houve correção do pH inicial.

### *Ensaio de coagulação/floculação*

Foram realizados testes em Jar-Test Microcontrolado marca Milan, Modelo JT – 103 para avaliar a eficiência de cada coagulante. Foram analisados coagulantes do tipo inorgânico (sulfato de alumínio) e orgânico (quitosana) no processo de coagulação/floculação.

Para analisar a eficiência dos coagulantes, foi realizado um planejamento saturado de Plackett e Burman (PB12). As seguintes variáveis foram estudadas: concentração (C), velocidade de mistura rápida (VMR) e lenta (VML) e tempo de mistura rápida (TMR) e lenta (TML).

A escolha das melhores dosagens de coagulantes bem como as variáveis: velocidade de mistura rápida (VMR) e lenta (VML) e tempo de mistura rápida (TMR) e lenta (TML) a serem utilizados no PB12 foram estabelecidos com base na literatura (Da Silva et al. 2003, Fiorentini 2005, Cardoso 2007). Nas Tabelas (1) e (2) são apresentadas as faixas de concentração de cada coagulante estudado e as variáveis, respectivamente, seguindo os dados da literatura.

**Tabela 1 – Concentrações utilizadas no PB12**

Coagulante	Concentração (ppm)		
	-1	0	+1
Sulfato de Alumínio	40	45	50
Quitosana	5	6	7

**Tabela 2 – Valores das variáveis utilizadas no PB 12**

Variável	-1	0	+1
VMR (rpm)	100	110	120
VML (rpm)	20	25	30
TMR (min)	1	2	3
TML (min)	10	15	20

Os ensaios foram realizados num Jar-Test com 1,2 L de efluente empregando as condições apresentadas na Tabela (3). O tempo de sedimentação utilizado nos dois coagulantes foi de 30 min, sendo este valor estipulado com base em resultados preliminares (Genevro, et al. 2008)

**Tabela 3 – Matriz do planejamento saturado de Plackett e Burman (PB12)**

Ensaio	C	VMR	VML	TMR	TML
1	+1	-1	+1	-1	-1
2	+1	+1	-1	+1	-1
3	-1	+1	+1	-1	+1
4	+1	-1	+1	+1	-1
5	+1	+1	-1	+1	+1
6	+1	+1	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1	+1	-1
8	-1	-1	+1	+1	+1
9	-1	-1	-1	+1	+1
10	+1	-1	-1	-1	+1
11	-1	+1	-1	-1	-1
12	-1	-1	-1	-1	-1
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0

Em cada ensaio foi coletada uma amostra de cerca de 50 mL do sobrenadante e foram determinados os seguintes parâmetros: cor (mg Pt/Co), turbidez (NTU), sólidos sedimentáveis (mL/L.h) e DQO (mg O<sub>2</sub>/L). A partir dos resultados destes parâmetros foi selecionado o coagulante que apresentou os melhores resultados de remoção. Posteriormente, foi feito um tratamento estatístico para identificar as variáveis mais significativas no processo de coagulação/floculação. A partir destes resultados foram realizados novos ensaios com um novo planejamento DCCR (Delineamento Composto Central Rotacional), para as respostas cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO.

## Resultados e Discussão

### *Caracterização do efluente*

Nas Tabelas (4) e (5) são apresentadas as características das águas de lavagem do efluente de galvanoplastia empregados nos ensaios de coagulação/floculação em Jar-Test para planejamento saturado de Plackett e

Burman (1º lote) e Delineamento Composto Central Rotacional (2º lote), respectivamente.

**Tabela 4 – Parâmetros caracterizados das águas de lavagem do efluente de galvanoplastia para o primeiro lote**

Parâmetro	Cor (mgPtCo/L)	Turbidez (NTU)	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	pH
	1521,17	232,39	198,50	5,81

**Tabela 5 – Parâmetros caracterizados das águas de lavagem do efluente de galvanoplastia para o segundo lote**

Parâmetro	Cor (mgPtCo/L)	Turbidez (NTU)	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	pH
	1820,00	297,00	283,00	6,55

### *Testes de precipitação*

Os resultados do teste de precipitação demonstraram que após a correção do pH inicial do efluente em intervalos de 0,5 com adição NaOH houve precipitação. Além disso, como o valor de pH do efluente se enquadra na faixa de operação requerida para cada coagulante estudado (Cardoso, 2007), optou-se por trabalhar sem correção do pH do efluente.

### *Planejamento saturado de Plackett e Burman (PB12)*

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados os resultados obtidos das porcentagens de remoção de cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO, para os coagulantes sulfato de alumínio e quitosana no planejamento PB12, respectivamente.

Verifica-se por meio das Tabelas 6 e 7 que para as respostas cor e turbidez, a maior remoção ocorreu com o coagulante quitosana, com 93,48 e 95,71 % de remoção respectivamente. Para a resposta sólidos sedimentáveis, a menor geração de lodo ocorreu com o coagulante quitosana, com 0,6% de lodo. Para a resposta DQO, a maior remoção foi verificada com o sulfato de alumínio (48,64%).

Assim sendo, fez-se análise estatística para a quitosana buscando valores mais altos para cor, turbidez e DQO e valores mais baixos para sólidos. Por meio dos gráficos de Pareto (Figura 1), verifica-se que para nível de significância de 5%, as variáveis TML e C influenciam positivamente a remoção de cor e turbidez, indicando que um aumento dessas variáveis resulta no aumento acentuado de ambas quanto as taxas de remoção. Para os sólidos sedimentáveis, apenas a variável C teve influência no processo, indicando que para diminuir o volume de lodo gerado, deve-se diminuir a concentração de coagulante. Por outro lado, este volume gerado é pequeno, não necessitando minimizá-lo ainda mais. O que torna atrativo este tipo de lodo produzido, quando comparado ao lodo obtido pelo coagulante químico

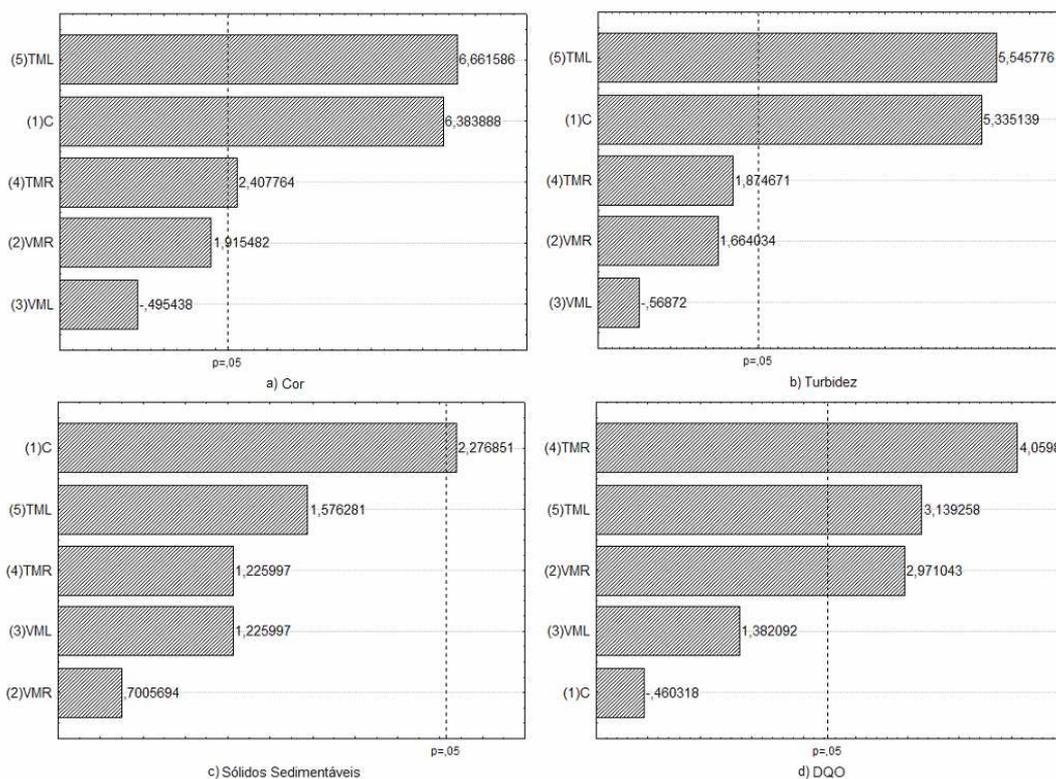
(sulfato de alumínio), é a sua maior facilidade à desidratação e posterior disposição final, confirmado por Santos Filho e Santa Rita (2002).

**Tabela 6 – Matriz com resultados de cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO para o coagulante Sulfato de Alumínio no PB12**

Ensaio	C	VMR	VML	TMR	TML	Cor	Turbidez	Sólidos	DQO
1	50	100	30	1	10	82,47	84,15	1,25	41,23
2	50	120	20	3	10	85,50	87,25	1,40	40,74
3	40	120	30	1	20	85,11	83,92	1,35	44,69
4	50	100	30	3	10	81,88	81,89	1,30	14,57
5	50	120	20	3	20	88,64	90,87	1,10	42,22
6	50	120	30	1	20	83,84	85,51	0,70	37,78
7	40	120	30	3	10	82,47	82,79	0,80	27,41
8	40	100	30	3	20	83,15	83,92	1,40	41,23
9	40	100	20	3	20	85,50	87,70	1,40	<b>48,64</b>
10	50	100	20	1	20	84,92	86,87	1,25	38,77
11	40	120	20	1	10	82,08	84,23	0,90	13,09
12	40	100	20	1	10	80,80	83,02	1,00	33,83
13	45	110	25	2	15	82,76	85,81	1,30	41,23
14	45	110	25	2	15	82,47	85,28	1,20	41,23
15	45	110	25	2	15	82,66	85,36	0,90	40,74
16	45	110	25	2	15	79,63	82,64	1,30	45,19

**Tabela 7 – Matriz com resultados de cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO para o coagulante Quitosana no PB12**

Ensaio	C	VMR	VML	TMR	TML	Cor	Turbidez	Sólidos	DQO
1	9	100	30	1	10	87,87	90,73	1,40	3,48
2	9	120	20	3	10	90,34	93,75	1,40	29,25
3	7	120	30	1	20	88,20	92,28	1,10	28,52
4	9	100	30	3	10	88,65	92,28	1,50	24,10
5	9	120	20	3	20	<b>93,48</b>	<b>95,71</b>	2,00	24,10
6	9	120	30	1	20	93,15	95,29	2,30	29,25
7	7	120	30	3	10	88,43	90,98	1,40	29,99
8	7	100	30	3	20	89,10	91,93	1,40	28,52
9	7	100	20	3	20	90,00	92,90	1,40	31,46
10	9	100	20	1	20	92,81	95,54	1,10	17,47
11	7	120	20	1	10	85,62	89,19	<b>0,60</b>	16,73
12	7	100	20	1	10	84,72	88,29	1,20	0,53
13	8	110	25	2	15	90,00	92,09	1,20	24,10
14	8	110	25	2	15	88,99	90,81	0,90	24,10
15	8	110	25	2	15	90,34	91,87	1,30	21,15
16	8	110	25	2	15	88,31	90,24	1,40	24,83



**Figura 1 – Gráficos de Pareto para as respostas a) cor, b) turbidez, c) sólidos sedimentáveis e d) DQO do coagulante quitosana**

Com relação à remoção de DQO utilizando a quitosana, verificou-se que as variáveis TMR, TML e VMR influenciam positivamente esta variável.

Apesar da menor remoção de DQO, em relação ao coagulante sulfato de alumínio, a escolha da quitosana é atribuída a maior quantidade de matéria orgânica no lodo, o que propicia o processo de decomposição natural.

#### *Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)*

Após a análise estatística das respostas obtidas para a quitosana, realizou-se a otimização das variáveis mais significativas, concentração (C), tempo de mistura rápida (TMR) e tempo de mistura lenta (TML), usando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), com  $2^3$  (planejamento completo) +  $2 \times 3$  (estrela) + 4 (centrais), totalizando 18 ensaios, para as respostas cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO. Sendo usados níveis mais elevados para as variáveis a serem estudadas. As variáveis velocidade de mistura rápida (VMR) e velocidade de mistura lenta (VML) foram fixadas em 100 e 20 rpm, respectivamente.

Na Tabelas 8 e 9 são apresentadas as faixas de concentração, tempo de mistura rápida e tempo de mistura lenta para o coagulante quitosana no DCCR e a matriz do DCCR utilizado, respectivamente.

**Tabela 8 – Concentrações e variáveis utilizadas no DCCR**

Variável	-1,68	-1	0	+1	+1,68
C (ppm)	10	14,05	20	25,95	30
TMR (rpm)	4	4,24	5	5,36	6
TML (rpm)	25	27,01	30	32,59	35

**Tabela 9 – Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)**

Ensaio	C	TMR	TML
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	-1,68	0	0
10	+1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	+1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	+1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0

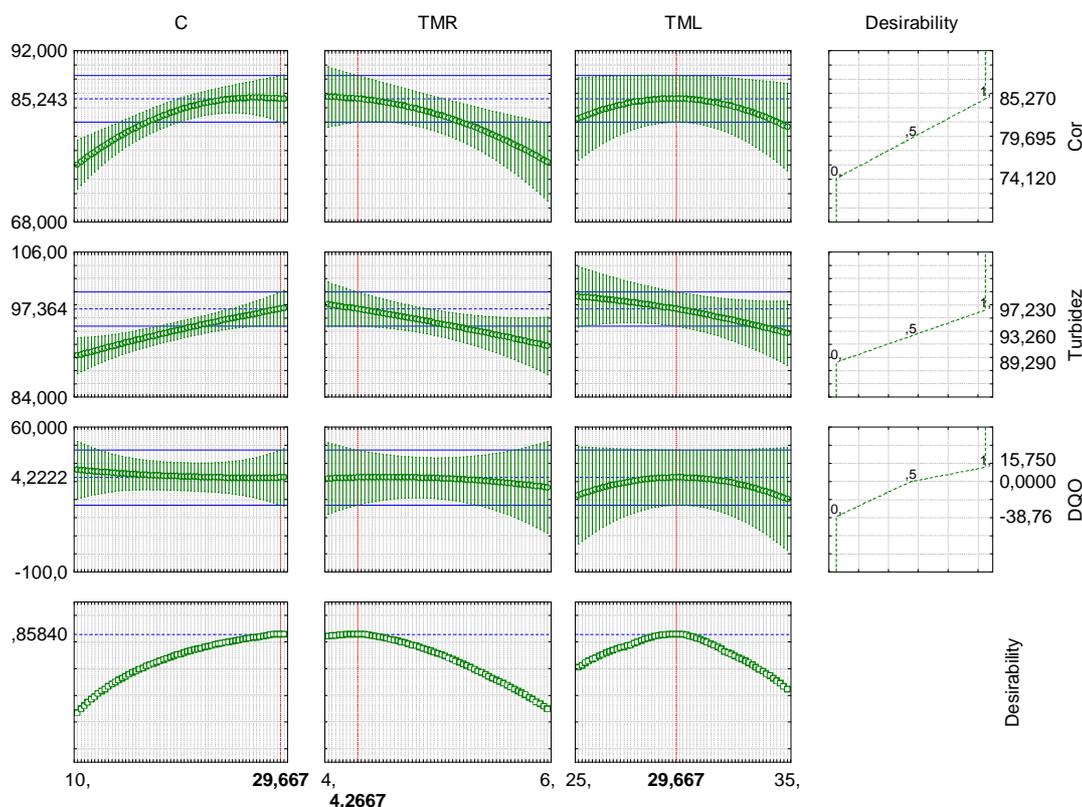
Na Tabela 10 são apresentadas as porcentagens de remoção de cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO, para o coagulante quitosana, após a realização do DCCR. Observa-se na Tabela 10 que o aumento da concentração de coagulante está relacionado ao aumento de lodo gerado, o que não limita seu emprego em virtude deste lodo apresentar maior potencial de decomposição biológica e maior amenidade à desidratação. A partir dos resultados obtidos foi realizada análise estatística dos parâmetros avaliados.

Pelo fato de ter mais de uma variável de resposta (cor, turbidez e DQO) e se tem interesse em encontrar os valores operacionais ótimos das variáveis independentes (C, TMR e TML) que satisfaçam simultaneamente todos os requisitos necessários às variáveis dependentes, o programa estatístico utiliza a abordagem da função Desirability (desejabilidade). Com este artifício, a otimização simultânea das variáveis de respostas maximiza-se num único valor, a desejabilidade global. A vantagem do uso dessa definição é que a desejabilidade global sempre é anulada quando uma resposta apresenta um valor inaceitável, mesmo que outras respostas apresentem valores aceitáveis (Barros Neto et al., 2007).

**Tabela 10 – Matriz com resultados de cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e DQO para o coagulante Quitosana no DCCR**

Ensaio	C	TMR	TML	Cor	Turbidez	Sólidos	DQO
1	14,05	4,24	27,01	74,12	89,29	74	11,15
2	25,95	4,24	27,01	84,45	97,23	46	0,18
3	14,05	5,36	27,01	81,98	95,15	52	-9,38
4	25,95	5,36	27,01	83,35	96,43	64	-1,24
5	14,05	4,24	32,59	83,02	93,48	84	2,30
6	25,95	4,24	32,59	84,4	94,48	80	5,84
7	14,05	5,36	32,59	80,16	93,57	54	15,75
8	25,95	5,36	32,59	80,49	93,10	74	12,92
9	10	5	30	80,99	92,93	68	-2,30
10	30	5	30	82,03	94,21	84	-9,73
11	20	4	30	83,41	95,19	72	-3,72
12	20	6	30	81,48	92,96	64	-19,29
13	20	5	25	83,24	95,12	90	-38,76
14	20	5	35	79,29	91,38	64	-19,65
15	20	5	30	85,27	94,55	70	0,88
16	20	5	30	84,51	94,28	70	1,59
17	20	5	30	84,62	94,34	70	2,30
18	20	5	30	82,97	92,90	70	1,59

\* valores negativos correspondem ao aumento do valor do parâmetro



**Figura 2 – Gráficos estatísticos para a função desirability global**

Como pode ser observado na Figura 2, o conjunto de condições que maximiza a desejabilidade global (0,86) são: concentração igual a 29,67 ppm, tempo de mistura rápida de 4,27 min e tempo de mistura lenta de 29,67 min, no tempo de sedimentação de 30 min, velocidade de mistura rápida e lenta de 100 rpm e 20 rpm, respectivamente. Nessas condições as três variáveis de resposta, cor, turbidez e DQO, apresentaram valores para porcentagem de remoção igual a 85,24; 97,36 e 4,22, respectivamente.

Na Figura 3, pode se confirmar por meio das superfícies de resposta para a função desirability, quais valores dos efeitos (C, TMR e TML) nos levam a uma resposta com valor otimizado das três variáveis estudadas.

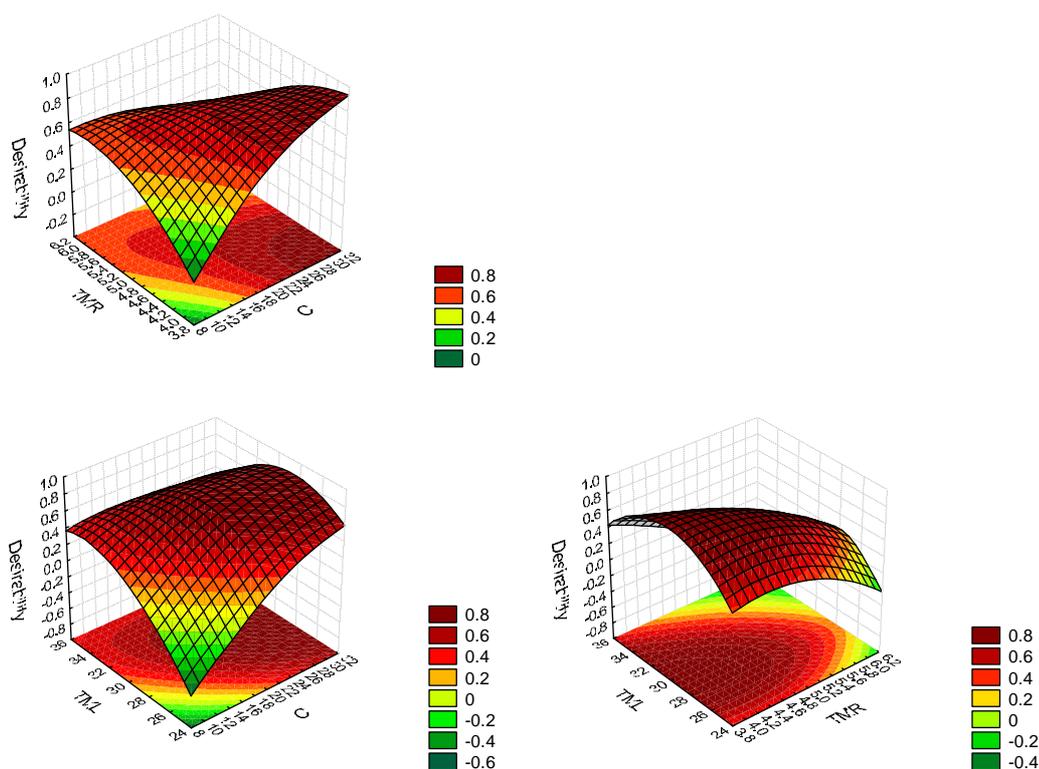


Figura 3 – Superfícies de resposta para a função desirability global

## Conclusões

Os coagulantes testados mostraram-se eficientes na remoção da cor, e turbidez do efluente de galvanoplastia, apresentando eficiências na faixa entre 80-95%. Verificou-se que a condição ótima foi obtida com o agente coagulante quitosana nas seguintes condições operacionais: concentração igual a 29,67 ppm, tempo de mistura rápida de 4,27 min, tempo de mistura lenta de 29,67 min, velocidade de mistura rápida de 100 rpm e velocidade de mistura lenta de 20 rpm, em um tempo de sedimentação de 30 min, para a remoção de cor, turbidez e DQO. Assim sendo a quitosana mostrou-se um agente coagulante/floculante promissor para o tratamento de efluente de galvanoplastia.

## Referências

- Barros Neto, B.; Scarminio, I.S. e Bruns, R.E. (Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria), Ed.: Editora da Unicamp (ed.). Campinas, 2002; Vol.3, 1-480.
- Braile, P. M., Cavalcanti, J. E.W. A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, Brasil. 1993.
- Cardoso, V.C. (Estudo do Processo de Coagulação/Floculação por Meio da *Moringa Oleifera Lam* para Obtenção de Água Potável), Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 2007.
- Fioentini, V. (Uso do Tanino no Processo de Tratamento de Água como Melhoria em Sistema de Gestão Ambiental) Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.
- F.J.A. Da Silva, L.M.M. Souza e S.L. Magalhães. (Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil índigo) In Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinvile, 2003.
- L.C.J. Moraes, R. Bergamasco, C.R.G. Tavares e R.M. Ribeiro. (Utilização do polímero natural quitosana no processo de coagulação/floculação/ultrafiltração para a produção de água potável) In Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Sanitária Ambiental, Campo Grande, 2005.
- G. M. Genevro, L.G.L. Vaz, K.C. Fagnani, M.R. Fagundes-Klen, M.T. Veit e E.A. Da Silva (Estudo da remoção de cor e turbidez em um efluente de galvanoplastia utilizando diferentes agentes coagulantes) In Anais do Congresso da Academia Trinacional de Ciências, Foz do Iguaçu, 2008.
- Pavanelli, G. (Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada) Tese de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, 2001.
- R. Bresaola Júnior e S.M.C.M. Carrara. (Reuso de águas residuárias geradas em processos de galvanoplastia) In Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 2000.
- Santos Filho, J.D. e Santa Rita, E.S. (Gerenciamento do Resíduo Gerado Na Clarificação de água da RLAM) Monografia de Especialização, Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica, 2002)
- Veit, M.T. (Estimação de parâmetros de transferência de massa para biossorção de cromo (III) e Níquel(II) num sistema contínuo em coluna de leito fixo pela biomassa de alga marinha *Sargassum filipendula*) Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, 2006.