

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS

IVAN EDIMAR BENTO

**RECUPERAÇÃO DO CORANTE ANTRAQUINONA DO EFLUENTE
TÊXTIL E ESTUDO DE SUA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO
INDUSTRIAL.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APUCARANA

2013

IVAN EDIMAR BENTO

**RECUPERAÇÃO DO CORANTE ANTRAQUINONA DO EFLUENTE
TÊXTIL E ESTUDO DE SUA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO
INDUSTRIAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC2, do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para obtenção de título de Tecnólogo.

Orientadora: Profa. Ma. Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro.

Co-orientador: Prof. Me. Edmilson Antonio Canesin.

APUCARANA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria do *Campus* Apucarana
Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
Graduação em Tecnologia em Processos Químicos



TERMO DE APROVAÇÃO

RECUPERAÇÃO DO CORANTE ANTRAQUINONA DO EFLUENTE TÊXTIL E
ESTUDO DE SUA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO INDUSTRIAL

por

IVAN EDIMAR BENTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentada às 16 horas do dia 04 de abril de 2013 como requisito parcial para obtenção do título de TECNÓLOGO EM PROCESSOS QUÍMICOS, Programa de Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores: Dra. Valquíria Ribeiro (orientadora), Dra. Ana Ueda e Esp. Fábio Scacchetti. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado desde que atendidas às recomendações mencionadas.

Dedico este trabalho a minha esposa Claudia que durante todo o tempo da minha graduação me incentivou e me inspirou.

Dedico também aos meus pais que fizeram parte importante da minha educação.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Claudia R.S Bento que me ajudou muito com sua paciência carinho e compreensão durante o período do curso.

À minha família que faz parte importante da minha vida em todos os momentos.

Aos meus orientadores Prof^a Ma. Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro e Prof^o Me. Edmilson Antonio Canesin, pela oportunidade de realizar este trabalho, pelas correções e pela credibilidade confiada.

À colorista Roberta Rocha Venturi, por dividir seus conhecimentos e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

RESUMO

BENTO, Ivan Edimar. RECUPERAÇÃO DO CORANTE ANTRAQUINONA DO EFLUENTE TÊXTIL E ESTUDO DE SUA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO INDUSTRIAL. 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão, Curso Superior de Tecnologia em Processo Químicos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2013.

Na atualidade a indústria têxtil tem lugar de destaque quando se fala em poluição ambiental, devido ao descarte de efluentes com alta carga de cor. Estudos realizados indicam que em torno de 15% dos corantes empregados nos processos de tingimento acabam por contaminar o ambiente. Esses corantes contidos nos efluentes têxteis variam qualitativamente e quantitativamente, em função da composição do substrato têxtil e dos equipamentos utilizados no processo. Desta forma, trabalhos publicados nos mais diversos países têm como objetivo minimizar os impactos provocados por este setor industrial. Este trabalho caracterizou o efluente gerado em processo de tingimento de fitas de poliéster, recuperou o corante disperso da classe química antraquinona por meio do processo de evaporação e estudou sua reutilização no processo industrial, diminuindo significativamente a quantidade desses corantes aderidos ao lodo, em aterros industriais. Foram adquiridos 4,64 g de recuperado sólido para cada litro de efluente gerado, por meio do processo de evaporação em temperatura de 80°C, e o material recuperado foi utilizado para novo processo de tingimento, apresentando resultado satisfatório na sua capacidade de tingir e na solidez da cor.

Palavras chave: Recuperação do corante. Reutilização. Antraquinona. Processo industrial. Tingimento. Poliéster.

ABSTRACT

BENTO, Ivan Edimar. Recovery of Anthraquinone Dye from Textile Effluent and Reuse in an Industrial Process. 2013. 45 f. Work Completion, Course of Technology in Chemical Process - Federal Technological University of Paraná. Apucarana, 2013.

At present days, textile industry plays an important role when it comes to environmental pollution due to discharge of effluents with intense color. Studies indicate that approximately 15% of dyes used in the dyeing processes end up contaminating the environment. These dyes present in textile effluents vary qualitatively and quantitatively, depending on the composition of the textile substrate and the equipment used in the process. Thus, papers published in various countries aim to minimize the impacts caused by this industry. This work characterized the effluent generated in the process of polyester ribbons dyeing, recovered disperse dye anthraquinone by evaporation and studied its reuse in the manufacturing process; significantly reducing the amount of these dyes adhered to the sludge in landfills. It was acquired 4.64 g of recovered solid per liter of effluent, through the evaporation process at of 80 °C, and recovered material was used on new dyeing process, with satisfactory results in their ability to dye and color fastness.

Keywords: Recovery of the dye. Reuse. Anthraquinone. Industrial process. Dyeing. Polyester.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Resultados da caracterização do efluente | 34 |
| Tabela 2 - Resultados de ensaios de DBO ₅ | 35 |
| Tabela 3 - Dados de concentração e absorvância..... | 36 |
| Tabela 4 - Dados da recuperação do corante | 38 |
| Tabela 5 - Taxa de evaporação..... | 41 |

LISTAS DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Fluxograma do Processo Têxtil | 15 |
| Figura 2: Estrutura molecular do poliéster..... | 17 |
| Figura 3: Poliéster circular - corte transversal. | 17 |
| Figura 4: Poliéster trilobal - corte transversal. | 18 |
| Figura 5: Processo semi-contínuo..... | 20 |
| Figura 6: Processo de Tingimento Contínuo | 21 |
| Figura 7: Grupos Cromóforos..... | 22 |
| Figura 8: Grupo Sulfônico | 23 |
| Figura 9: Aminas quartenárias | 23 |
| Figura 10: ponto de coleta do efluente para caracterização..... | 26 |
| Figura 11: Estufa BRANS D ONTO Mod. 1 | 29 |
| Figura 12: Amostras sob aquecimento..... | 30 |
| Figura 13: Corante recuperado. | 30 |
| Figura 14: Retirada do corante recuperado..... | 31 |
| Figura 15: Estudo da taxa de evaporação..... | 32 |
| Figura 16: Máquina de Tingir em Canecas | 33 |
| Figura 17: Gráfico de concentração pela média das absorvâncias..... | 37 |
| Figura 18: Taxa de evaporação cápsula de vidro..... | 39 |
| Figura 19: Taxa de evaporação cápsula de porcelana 1 | 39 |
| Figura 20: Taxa de evaporação cápsula de porcelana 2..... | 40 |
| Figura 21: Resultado do processo de tingimento | 42 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 OBJETIVO | 13 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 13 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 13 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 3.1 Cadeia Têxtil do Paraná | 14 |
| 3.2 Indústria Têxtil | 14 |
| 3.2.1 Definição | 14 |
| 3.2.2 Fibras Têxteis..... | 15 |
| 3.3 Tecelagem..... | 18 |
| 3.4 Tingimento..... | 19 |
| 3.5 Processos de tingimento | 19 |
| 3.5.1 Processo por Esgotamento | 19 |
| 3.5.2 Processo Semi-Contínuo (<i>pad batch</i>) | 20 |
| 3.5.3 Processo Contínuo | 20 |
| 3.6 Corantes | 21 |
| 3.6.1 Constituição Química dos Corantes | 22 |
| 3.6.2 Classificação dos Corantes | 23 |
| 3.7 Efluente Têxtil..... | 25 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 26 |
| 4.1 Coleta do efluente | 26 |
| 4.2 Caracterização do Efluente | 27 |
| 4.2.1 Determinação do pH | 27 |
| 4.2.2 Determinação de Demanda Química de Oxigênio (DQO)..... | 27 |
| 4.2.3 Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio com Período de Incubação de 5 dias (DBO ₅)..... | 28 |
| 4.2.4 Determinação de Absorbância Máxima | 28 |
| 4.3 Curva de calibração..... | 28 |
| 4.4 Evaporação do Efluente e Recuperação do corante | 29 |
| 4.4.1 Recuperação do Corante | 29 |
| 4.4.2 Determinação da Taxa de Evaporação | 31 |
| 4.5 Reuso do corante | 32 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 34 |
| 5.1 Caracterização da amostra de efluente..... | 34 |
| 5.1.1 Determinação do pH | 34 |
| 5.1.2 Determinação de Demanda Química de Oxigênio (DQO)..... | 34 |
| 5.1.3 Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅) | 35 |
| 5.2 Determinação de Absorbância Máxima | 36 |
| 5.3 Curva de calibração..... | 36 |
| 5.4 Evaporação do efluente e recuperação do corante..... | 37 |
| 5.5 Determinação da taxa de evaporação..... | 38 |
| 5.6 Reuso do corante | 42 |
| 6 CONCLUSÕES | 43 |
| REFERÊNCIAS | 44 |

1 INTRODUÇÃO

Existem evidências que a humanidade utiliza materiais colorantes desde a pré-história, e o primeiro corante conhecido pela humanidade de que se tem registro foi o Negro-de-fumo, utilizado por caçadores do Período Glacial que pintavam, com fuligem e ocre, as paredes das cavernas reservadas ao culto, criando obras que resistem há milênios (ABIQUIM, 2012).

Por vários anos e grande parte do século XIX, os corantes eram de origem animal ou vegetal. O seu uso implicava em inúmeros problemas: ausência regular de suprimentos falta de standardização e baixa substantividade e, como consequência, má reprodutibilidade (SALEM, 2010).

O primeiro corante orgânico sintetizado com técnica mais apurada foi o Mauve, obtido em 1856, por William H. Perkin. Tentando sintetizar o quinino por oxidação da anilina com dicromato de potássio, obteve um corante que tingia a seda em cor violeta muito viva. Após esta descoberta, houve uma corrida dos químicos para conseguir sintetizar outros corantes (SALEM, 2010).

O Brasil possui uma posição notável na produção de corantes. A madeira pau-brasil, altamente explorada na época do descobrimento, foi fonte importante de corante avermelhado e durante o século XIX, foi um dos principais produtores de índigo natural (GUARATINI e ZANONI, 2000).

Com o surgimento dos corantes sintéticos que possuem grande aplicação nos mais variados tipos de fibras e custos relativamente baixos no processo industrial, os corantes naturais passaram a ser pouco aplicados e praticamente desapareceram do mercado, ficando restrito a tingimentos artesanais (BECHTOLD e TURCANU, 2004).

Os substratos têxteis podem ser tintos de diferentes maneiras, dependendo do artigo e equipamentos disponíveis na indústria, sendo que podemos classificar em três grandes grupos os processos de tintura: processo por esgotamento, processo semi-contínuo e processo contínuo. Em todos são utilizados diversos produtos químicos, além dos corantes ou pigmentos (SALEM, 2005).

Independentemente do processo utilizado para tingir os artigos têxteis, os mesmos são grandes geradores de efluentes e caracterizam-se por serem altamente

coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento (KUNZ e PERALTA-ZAMORA, 2002).

O setor têxtil merece muita atenção quanto ao aspecto ambiental uma vez que geram grandes volumes de efluentes com alta carga de material colorido, com poder de contaminação de corpos hídricos, valores estes estimados entre 10 e 15 % do total de corante usado no processo (Al-GHOUTI *et al.*, 2003 in ALMEIDA,2012).

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Recuperar o corante da classe química antraquinona (corante disperso) do efluente têxtil gerado no processo de tingimento de fitas 100% poliéster.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Fazer uma avaliação físico-química do efluente bruto gerado no processo de tingimento;

Reduzir a carga de cor do efluente final gerado;

Avaliar as concentrações do corante no efluente;

Determinar a quantidade de corante recuperado;

Avaliar a viabilidade de reutilização no processo industrial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CADEIA TÊXTIL DO PARANÁ

O Paraná possui 5.816 estabelecimentos nos setores têxteis e vestuário. Aproximadamente 97,7% das empresas inseridas nestes setores estão enquadradas como de pequeno porte, de acordo com o número de vínculos empregatícios são 92.790 empregos (FIEPR, 2012).

Os pólos produtivos do setor estão concentrados, principalmente, em Apucarana, Maringá, Londrina, Cianorte, Curitiba, Terra Roxa, Francisco Beltrão e Imbituva (FIEPR, 2012).

Estas aglomerações produtivas empregam, em média, 37.200 pessoas, o que representa cerca de 40% dos empregos gerados pela indústria de transformação no Estado. O segmento que mais emprega é o de confecção de peças do vestuário, com 60.750 postos formais de trabalho; seguido do de confecção de roupas íntimas, com 5.003; de fabricação de acessórios do vestuário, com 4.993; e, por fim, de acabamento em fios, tecidos e artefatos têxteis, que contabiliza 3.469 empregos. Estes números colocam o Paraná na quarta posição no cenário nacional (FIEPR, 2012).

3.2 INDÚSTRIA TÊXTIL

3.2.1 Definição

Indústrias têxteis são beneficiadoras de fibras naturais e fibras químicas. Podem ser subdividas em: beneficiadoras de fibras, fiações, tecelagens, malharias, tinturarias, confecções, não tecidos, entre outras. A Figura 1 sumariza o processo têxtil.

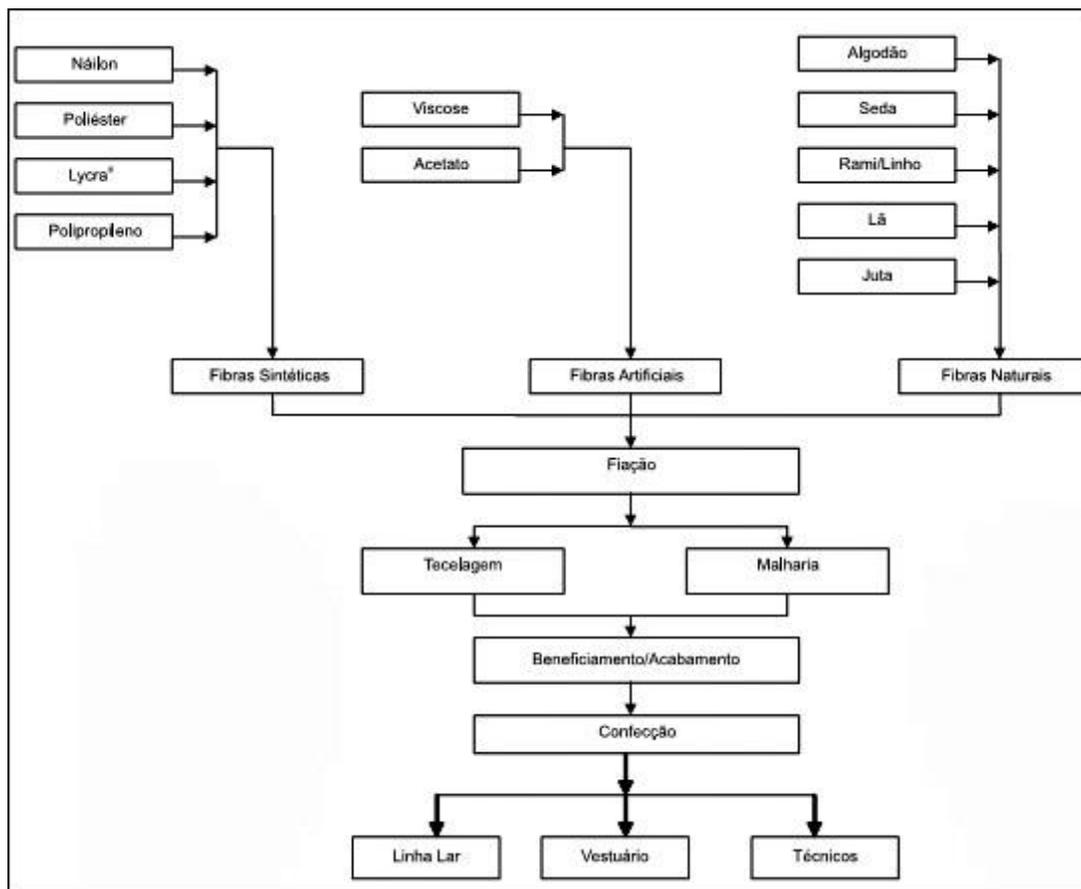


Figura 1: Fluxograma do Processo Têxtil

Fonte: Adaptado de BNDES, 2013

A palavra Têxtil deriva do latim “*texere*” que significa tecer, originalmente aplicado para tecidos planos (tear) e posteriormente tornou-se um termo geral para o universo das fibras (SENAI, [19--]).

3.2.2 Fibras Têxteis

As fibras têxteis podem ser classificadas de modo geral em fibras naturais e fibras químicas, sendo que as naturais subdividem-se em: vegetais, animais e minerais. Já as fibras vegetais podem ser obtidas de frutos, sementes, caules e folhas, dentre as quais se destacam: algodão, utilizado na confecção de artigos de cama, mesa, banho e vestuário; o linho também utilizado na confecção de cama, mesa, banho, vestuário voltado mais para o segmento social; e as rendas, rami

utilizado na fabricação de cordas e barbantes; juta, principal matéria prima utilizada na confecção de sacas que embalam cereais e principalmente o café; e o sisal, utilizado na fabricação de fios voltados para o artesanato (NETO e PITA, 1996).

Para obtenção das fibras de origem animal podem ser utilizados os pelos, as lãs e a seda, sendo que esta última pode ser cultivada ou a silvestre. As fibras naturais de origem mineral podem ser obtidas a partir dos asbestos dando origem ao amianto (SALEM, 2010).

As fibras químicas podem ser divididas em polímeros naturais e polímeros sintéticos. Os naturais podem ser obtidos a partir de três fontes: celulósicas, alginato e animais. Da fonte celulósica temos a viscose que é obtida da celulose regenerada. Pode-se citar também o acetato e o triacetado obtidos de ésteres de celulose. A caseína é um polímero natural obtido de uma fonte animal (SALEM, 2010).

Polímeros sintéticos podem ser obtidos através da polimerização por condensação ou por polimerização de adição, onde o poliéster e a poliamida são exemplos de polímeros sintéticos obtidos através da policondensação. Dentre os polímeros sintéticos resultantes da polimerização de adição podem-se citar o polipropileno, poliacrilonitrilo e o poliuretano (NETO e PITA, 1996).

3.2.2.1 Fibras de Poliéster

As fibras de poliéster, juntamente com as acrílicas e as de poliamida, constituem as fibras sintéticas mais importantes para a indústria têxtil.

Segundo Salem (2005), na fabricação de fibras químicas de polímeros sintéticos, parte-se de substâncias orgânicas de baixo peso molecular, com as quais se fabricam os monômeros. Estes por adição simples (polimerização) ou adição com perda de água (policondensação), reagem formando grandes moléculas de cadeias lineares (macromoléculas), com alto peso molecular. Realiza-se, portanto, uma síntese.

A base química do poliéster é o “Polietilenotereftalato”, que é quimicamente um policondensado termoplástico linear, obtido, na maioria dos casos, a partir da policondensação do dimetiltereftalato (PTA) e o dietilenoglicol, sob vácuo e a alta temperatura (ABQCT, 2013). Na Figura 2 é exemplificada a estrutura molecular do poliéster.

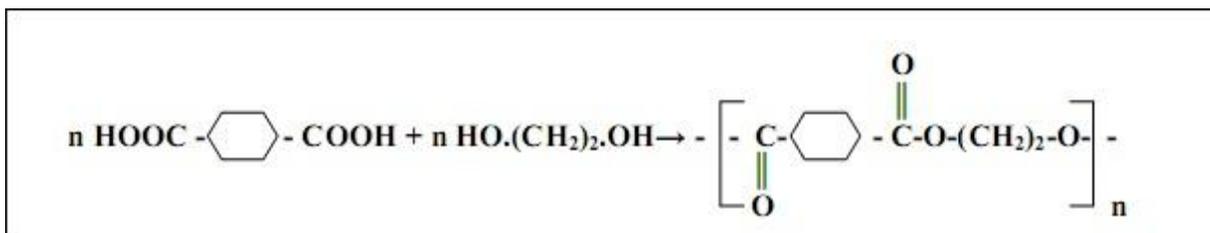


Figura 2: Estrutura molecular do poliéster

Fonte: Adaptado DOLZAN, 2004.

As fibras de poliéster são elásticas e muito resistentes à tração e à fricção, estáveis à luz, aos ácidos, aos oxidantes e aos solventes (ABQCT, 2013). São insolúveis em álcool, acetona, benzina, hidrocarbonetos halogenados e solúveis a fervura em dimetilformamida, nitrobenzeno, fenol e m-cresol apresentando ponto de fusão 260 °C (SALEM, 2005).

Na indústria, o fio de poliéster pode ser reconhecido pela abreviatura **PES**. A maticidade do mesmo é referente à intensidade do brilho podendo ele ser semi-opaco (SO) ou brilhante (BR).

O formato da fibra, no poliéster influencia em seu brilho, toque e volume, o que é demonstrado nas figuras 3 e 4:



Figura 3: Poliéster circular - corte transversal.

Fonte: Adaptado do Manual Técnico de Poliéster Vicunha, 2012.



Figura 4: Poliéster trilobal - corte transversal.

Fonte: Adaptado do Manual Técnico de Poliéster Vicunha, 2012.

Na Figura 3 é demonstrado o corte transversal do fio de poliéster circular, sendo que este formato confere ao poliéster a propriedade de maticidade semi-opaco (SO). E a Figura 4 traz o corte transversal do fio de poliéster trilobal. Este formato confere à fibra do poliéster a propriedade de maticidade brilhante (BR).

3.3 TECELAGEM

A tecelagem é um dos processos de obtenção de uma superfície têxtil, caracterizada pela ordenação de dois sistemas de fios que se cruzam perpendicularmente. Esses fios recebem denominações diferentes: o fio que se encontra no sentido da largura (transversal) do tecido recebe o nome de trama; aquele que constitui o comprimento (longitudinal) do tecido é denominado como fio de urdume (ARAÚJO e CASTRO, 1984; ANDRADE FILHO e FRAZÃO, 1987, in RIBEIRO, 2010).

3.4 TINGIMENTO

O tingimento é uma operação destinada a colorir uniformemente os materiais têxteis. É conhecido e praticado desde os tempos pré-históricos, mas a verdadeira industrialização data apenas do final do século XIX, deixando progressivamente de ser uma arte para ser uma tecnologia cada vez mais avançada.

O material a tingir é determinante de todo o processo. As fibras constituintes restringem à partida a gama de corantes possíveis (ARAÚJO e CASTRO, 1984).

Os substratos têxteis podem ser tintos de diferentes maneiras, dependendo do artigo e equipamentos disponíveis na indústria, sendo que podemos classificar em três grandes grupos os processos de tintura: processo por esgotamento, processo semi-contínuo e processo contínuo. Em todos os processos são utilizados diversos produtos químicos com a função de preparar a fibra para receber os corantes ou pigmentos (SALEM, 2005).

Dentre os produtos químicos utilizados nos processos de tingimento do substrato têxtil, podem-se citar os corantes: ácidos, álcalis, sais, oxidantes ou redutores, igualizantes (retardantes), aceleradores (*carriers*), lubrificantes, anti-migrantes, sequestrantes, umectantes, dispersantes, fixadores e outros.

3.5 PROCESSOS DE TINGIMENTO

Como citado anteriormente pode-se dividir em três grandes grupos os processos de tingimento.

3.5.1 Processo por Esgotamento

Este processo é chamado de esgotamento porque o corante é esgotado do banho de tintura, ou seja, ele vai do banho de tingimento para a fibra têxtil (SALEM, 2005).

Segundo Salem (2005), a máquina de tingimento por esgotamento apresenta as características que seguem:

- substrato em movimento / banho parado
- substrato parado / banho em movimento
- substrato em movimento / banho em movimento.

3.5.2 Processo Semi-Contínuo (*pad batch*)

De acordo com Salem (2005), neste processo de tingimento o tecido é impregnado, espremido em *foulard*, e depois fica em repouso na temperatura ambiente por um tempo determinado para que haja a reação química do corante com a fibra a ser tinta.

No período de repouso, o tecido fica girando em um carrolão para evitar que excessos de produtos se acumulem em alguma região. Na sequência, ele é lavado em uma lavadora contínua, e o tecido já estará tinto, (SALEM, 2005).

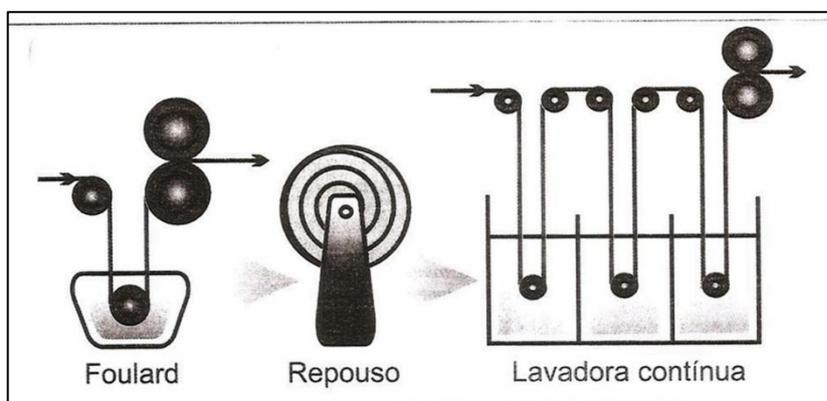


Figura 5: Processo semi-contínuo

Fonte: SALEM (2005).

3.5.3 Processo Contínuo

Para Salem (2005), o processo contínuo consiste na passagem contínua do tecido por um banho, seguido de uma espremedura uniforme em um *foulard*, e depois por outras fontes de fixação/reação dos produtos com o tecido.

Segundo Araújo e Castro (1984), a fixação dos corantes neste caso é feita em contínuo.

No processo *PAD-(DRY)-TERMOSOL*, a fixação é feita por tratamento a seco a alta temperatura após secagem do tecido. O tecido passa pela por uma câmara onde é submetido à alta temperatura (*hot-flue*, râmola, etc.).

No processo *PAD-STEAM*, a fixação é feita sob ação do vapor. O tecido passa por um vaporizador onde se dá a fixação do corante.

Em qualquer dos casos, seguem-se os tratamentos posteriores, em máquina de lavar.

Na Figura 6 sumariza o processo combinado de *PAD-DRY* e *PAD-STEAM*:

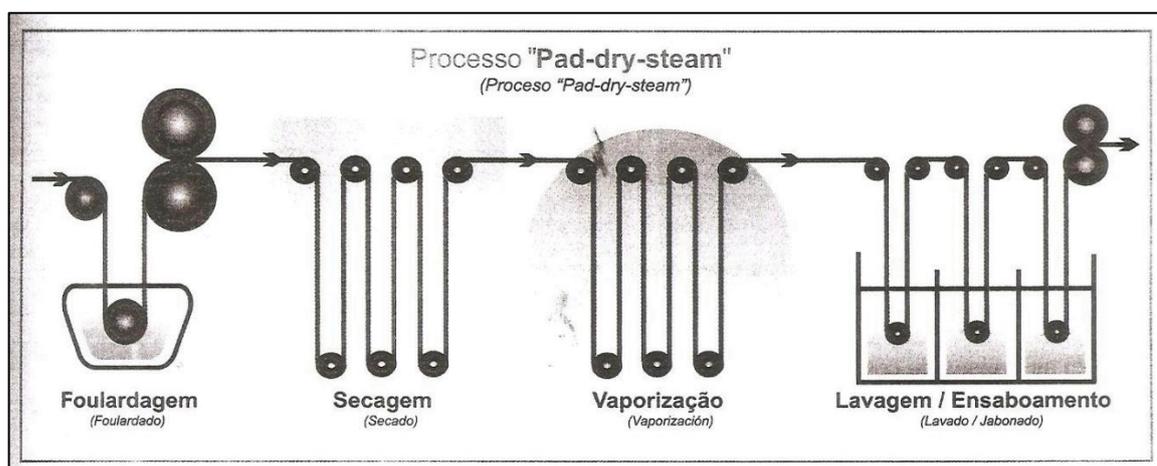


Figura 6: Processo de Tingimento Contínuo

Fonte: SALEM: (2005).

3.6 CORANTES

Corantes e pigmentos orgânicos podem ser definidos como substâncias intensamente coloridas que, quando aplicadas a um material, lhe conferem cor. Os corantes são retidos no material por adsorção, solução, retenção mecânica ou por ligações químicas iônicas ou covalentes. Já os pigmentos, por serem, geralmente, insolúveis em água, são usualmente aplicados por meio de veículos, que pode ser o próprio substrato (ABIQUIM, 2012).

De acordo com Salem (2010), os corantes devem ter características específicas para ser utilizados no ramo têxtil, tais como: cor intensa, afinidade

(substantividade ou reatividade), solubilidade permanente, temporária ou dispersabilidade, difundibilidade e solidez.

3.6.1 Constituição Química dos Corantes

Aspectos importantes devem ser levados em consideração como: o tamanho da molécula, grupos funcionais, planaridade e número de grupos iônicos (SALEM, 2010).

Grupos Funcionais

Designa-se por grupo funcional, o grupo de átomos que é, em grande parte, responsável pelo comportamento químico da molécula em que está inserido (OLIVEIRA e Souza, 1999).

Os grupos cromóforos são responsáveis pela cor, sendo os mais comuns apresentados na figura 7:

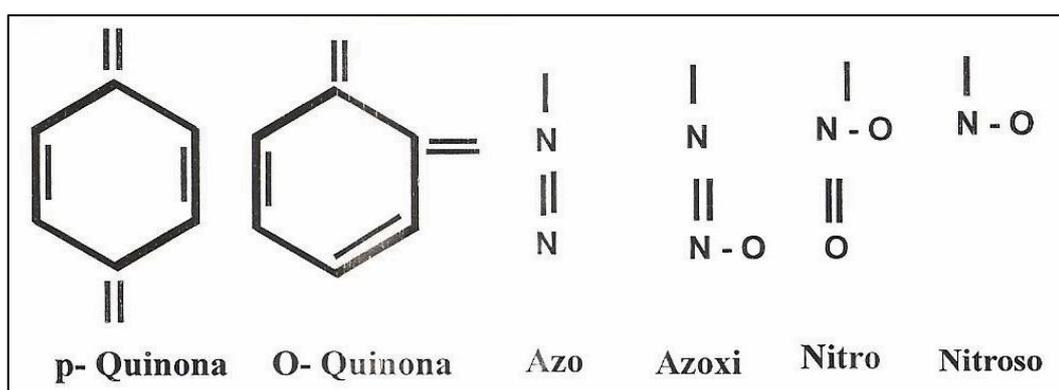


Figura 7: Grupos Cromóforos

Fonte: SALEM 2005

Já os grupos auxocromos intensificam as cores e proporcionam qualidades tintoriais (afinidade). Dentre os principais podemos citar:

- Amino: - NH₂;
- Amino substituídos: - NHR ou - NR₂;
- Carboxílicos: - COOH;
- Hidroxílicos: - OH

Grupos solubilizantes proporcionam solubilidade permanente ou temporária. Os sulfônicos proporcionam solubilidade permanente e neles se enquadram os corantes: ácidos, diretos e reativos (Figura 8) e as aminas quaternárias onde se enquadram os corantes catiônicos fornecem solubilidade temporária (Figura 9).

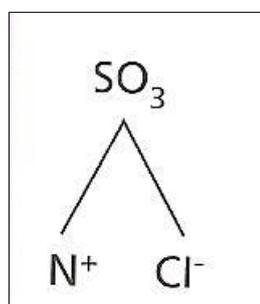


Figura 8: Grupo Sulfônico

Fonte: SALEM 2010

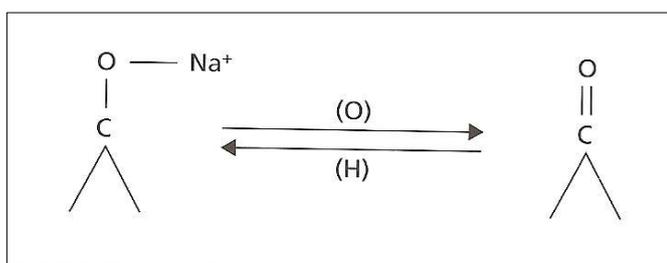


Figura 9: Aminas quaternárias

Fonte: SALEM 2010

3.6.2 Classificação dos Corantes

Os corantes são classificáveis por sua estrutura química ou por sua aplicação. A classificação pela sua estrutura química é pouco usual pela indústria. Nesse caso, eles são subdivididos conforme o grupo químico principal: nitrofenol,

nitrosofenol, azo, trifenilmetano, antraquinona, ftalocianina, vinilsulfônico, pirimidina, triazina, entre outros. O Quadro 1 mostra a classificação dos corantes fazendo uma relação entre a classe química e a classificação por aplicação:

| Classificação Segundo as Classes Químicas | |
|---|--|
| Classe | Classificação por aplicação |
| Acridina | Básicos, pigmentos orgânicos |
| Aminocetonas | À tina, mordentes |
| Antraquinona | Ácidos, mordentes, à tina, dispersos, azóicos, básicos, diretos, restivos, pigmentos orgânicos |
| Ao enxofre | Enxofre, à cuba |
| Azina | Ácidos, básicos, solventes, pigmentos orgânicos |
| Azo | Ácidos, diretos, dispersos, básicos, |
| Azóico | Básicos, naftois |
| Bases de oxidação | Corantes especiais para tingimento de pelo, pelegos, cabelo |
| Difenilmetano | Ácidos, básicos, mordentes |
| Estilbeno | Diretos, reativos, branqueadores ópticos |
| Ftalocianina | Pigmentos orgânicos, ácidos, diretos, azóicos, à cuba, reativos, solventes |
| Indamina e indofenol | Básicos, solventes |
| Indigóide | À tina, pigmentos orgânicos |
| Metina e polimetina | Básicos, dispersos |
| Nitro | Ácidos, dispersos, mordentes |
| Nitroso | Ácidos, dispersos, mordentes |
| Oxazina | Básicos, mordentes, pigmentos orgânicos |
| Quinolina | Ácidos, básicos |
| Tiazina | Básicos, mordentes |
| Tiazol | Branqueadores ópticos, básicos, diretos |
| Triarilmetano | Ácidos, básicos, mordentes |
| Xanteno | Ácidos, básicos, mordentes, branqueadores ópticos, solventes |

Quadro 1: Relação entre a Classe Química e a Classificação por Aplicação

Fonte: Adaptado de ABIQUIM, 2012

3.7 EFLUENTE TÊXTIL

Dentro da cadeia produtiva têxtil, os principais problemas relacionados ao impacto ambiental são representados pelo elevado consumo de água, aproximadamente 50 litros de água por quilo de material processado, e pelo baixo aproveitamento dos insumos utilizados, principalmente corantes.

O descarte desses efluentes não tratados ou tratados inadequadamente pode também provocar a formação de espumas nos corpos hídricos, limitando a transferência de oxigênio através da superfície dos rios e como consequência, afetarem a capacidade de autodepuração dos mesmos (VEIBER 2009, in RIBEIRO, 2010).

A composição dos efluentes têxteis varia de acordo com as características do processo produtivo, tais como, composição do artigo, equipamentos, tecnologia utilizada e insumos consumidos (corantes e outros agentes químicos), os quais agregam, ao efluente, características específicas que dificultam o estabelecimento do fluxo de tratamento mais adequado (RIBEIRO, 2010).

Existem no mercado milhares de corantes com as mais diferentes estruturas químicas. Mais de 50% são compostos azo. Outras classes importantes são derivadas de produtos heterocíclicos como ftalocianina ou antraquinona (SALEM, 2005).

De modo geral, esses efluentes são considerados de alto potencial de toxicidade para o meio aquático, visto que além de causarem eutrofização das águas, alteram a DBO e a quantidade de oxigênio dissolvido, podendo sob condições anaeróbicas reagir com outros compostos presentes no meio, levando a formação de aminas aromáticas, que por sua vez, são mais tóxicas do que o corante contido no efluente (RODRIGUES, 2003; MAHMOUD et al. 2007, in Ribeiro 2010).

Desta forma é de suma importância a busca por tecnologias que visam à diminuição do forte impacto ambiental causado pelos efluentes gerados pela indústria têxtil.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COLETA DO EFLUENTE

A coleta do efluente foi realizada em uma empresa de tingimento de fitas de poliéster, situada na cidade de Apucarana-PR, a qual utiliza o processo de tingimento em contínuo.

A coleta da amostra de efluente foi realizada na primeira caixa de lavagem conforme demonstrado na Figura 10.



Figura 10: ponto de coleta do efluente para caracterização

Fonte: Autor

Nesta caixa, foram coletados 5 litros de efluente para caracterização e realização dos ensaios de recuperação do corante.

Após a coleta do efluente o mesmo foi conduzido ao Laboratório de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana, para sua caracterização e armazenamento.

O efluente foi caracterizado quanto aos parâmetros de pH, DQO, DBO e intervalo de máxima absorvância.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

4.2.1 Determinação do pH

O pH do efluente foi determinado por meio de peagâmetro de bancada digital da marca Instrutherm, modelo PH2000, com eletrodo de vidro (KCl/AgCl saturado) calibrado com tampões 4,0 e 7,0.

4.2.2 Determinação de Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para a determinação da demanda química de oxigênio utilizou-se o método de digestão com dicromato de potássio em sistema aberto, com determinação por volumetria de oxidação-redução do dicromato, conforme descrito por CLESCERI *et al.*, 1989.

Soluções utilizadas:

- Ácido sulfúrico concentrado;
- Solução de sulfato de prata/ácido sulfúrico;
- Solução padrão de dicromato de potássio;
- Sulfato de mercúrio (ico);
- Solução ácida de sulfato ferroso amoniacal.

Técnica:

- Em um balão de boca esmerilhada de 250,0 mL, adicionou-se 20 mL de amostra, 10,0 mL de solução de dicromato de potássio e 30,0 mL de solução de sulfato de prata/ácido sulfúrico/sulfato de mercúrio.

- Efetuou-se a digestão em refluxo a 180° C durante 2 horas, aguardou-se o resfriamento e efetuou-se a titulação do dicromato com sulfato ferroso amoniacal.

- Padronizou-se o sulfato ferroso amoniacal com um padrão de dicromato de potássio, usando a mesma técnica com ácido sulfúrico.

4.2.3 Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio com Período de Incubação de 5 dias (DBO₅).

Utilizou-se o método de incubação da amostra em estufa a 20,0 °C (\pm 0,1 °C), durante um período de 5 dias, com determinação do oxigênio dissolvido antes da incubação e após, através de eletrodo portátil, conforme metodologia usada por Horwitz, (1980).

4.2.4 Determinação de Absorbância Máxima

Para determinação do comprimento de onda de máxima absorbância do efluente utilizou-se uma varredura com intervalo de 2nm, segundo a metodologia descrita no manual do espectrofotômetro PERKIN ELMER UV/VIS/NIR, modelo LAMBDA/ 750, utilizando-se cubetas de quartzo de caminho óptico de 10 mm. A máxima absorbância foi determinada através do software do instrumento.

4.3 CURVA DE CALIBRAÇÃO

De uso da balança analítica foi preparada uma solução de 110 ppm com o corante *in natura* e realizada a leitura no espectrofotômetro DR 2800 HACH. Como a leitura do espectrofotômetro foi considerada dentro dos limites do aparelho, realizou-

se 5 diluições para construção da curva de calibração sendo as concentrações, respectivamente: 2,20; 11,0; 22,0; 44,0; 55,0ppm.

De posse das diluições foram realizadas novas leituras em duplicata para obtenção dos valores de absorbância em suas respectivas concentrações e construção da curva de calibração para determinação da concentração do efluente.

4.4 EVAPORAÇÃO DO EFLUENTE E RECUPERAÇÃO DO CORANTE

4.4.1 Recuperação do Corante

Foram colocadas 4 cápsulas de porcelana para secar em estufa BRASDONTO Mod. 1 a uma temperatura de 110 °C por um período de 15 min.



Figura 11: Estufa BRASDONTO Mod. 1

Fonte: Autor

Em seguida aguardou-se o tempo de 20 minutos, período em que as cápsulas ficaram resfriando em um dessecador. Após este tempo foram preparadas quatro amostras de 50 ml em cada cápsula com o auxílio de uma proveta. Aferiu-se a massa de cada uma das amostras em balança analítica ACCULAB ALC – 210 – 4,

e colocou-se as amostras sob aquecimento em uma chapa a uma temperatura de 80 °C por um período de aproximadamente 12 horas.



Figura 12: Amostras sob aquecimento

Fonte: Autor

Após o período de 12 horas toda parte aquosa do efluente foi evaporada, restando apenas o recuperado sólido, que é demonstrado na figura 13.



Figura 13: Corante recuperado.

Fonte: Autor

A retirada do corante recuperado das cápsulas de porcelana foi por meio mecânico e com o auxílio de uma espátula as mesmas foram raspadas, como ilustrado na figura 14.



Figura 14: Retirada do corante recuperado

Fonte: Autor

4.4.2 Determinação da Taxa de Evaporação

Para o estudo da taxa de evaporação foram colocadas 9 cápsulas de porcelana e 3 de vidro para secar em estufa BRASDONTO Mod. 1 a 110 °C por um período de 30 minutos. Decorrido este tempo, as mesmas foram para um dessecador e foi aguardado o tempo de 20 minutos para o resfriamento das cápsulas.

Em balança semi-analítica BEL ENGINEERING foram aferidas as massas das cápsulas de porcelana e vidro. Com auxílio de uma proveta foram preparadas alíquotas do efluente de 50 ml e distribuídas entre as cápsulas. As doze cápsulas foram colocadas sob aquecimento em chapa aquecedora Solab SL - 140 a uma temperatura de 80 °C e a cada período de uma hora eram retiradas do aquecimento e esperando o tempo de 15 minutos tempo necessário para que as cápsulas resfriassem em um dessecador e assim, poder aferir a massa das mesmas. Na figura 15 são mostradas as cápsulas sob aquecimento.



Figura 15: Estudo da taxa de evaporação.

Fonte: Autor

4.5 REUSO DO CORANTE

Com o corante recuperado, procedeu-se o tingimento de fitas de poliéster, em máquina de tingimento (Figura 16) em canecas, conforme receituário a seguir:

- Relação de Banho (R:B) – 1:10
- Peso da amostra – 7 gramas
- 0,5 g/L de agente dispersante
- 1,0 g/L de agente igualizante
- 1,0 g/L de agente deslizante
- 20 g/L de corante disperso Royal



Figura 16: Máquina de Tingir em Canecas

Fonte: Autor

Preparou-se o banho com o corante e auxiliares de tingimento, ajustou-se o pH em 5,0. Adicionou-se a amostra e iniciou-se o processo de tingimento à 120°C durante 45 minutos.

O processo de tingimento foi realizado em triplicata, tanto com o corante recuperado quanto com o corante *in natura*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DE EFLUENTE.

A tabela 1 traz os resultados obtidos durante o processo de caracterização da amostra.

Tabela 1 - Resultados da caracterização do efluente

| Parâmetro | Resultado | Razão DQO/DBO ₅ |
|-----------------------------------|-----------|----------------------------|
| pH | 5,53 | - |
| DQO diluição 25% | (NR) | - |
| DQO diluição 50% | 9980 ppm | - |
| DBO ₅ <i>in natura</i> | 329ppm | 30,33 |
| DBO ₅ diluição 50% | 208 ppm | 47,98 |

Fonte: Autor

5.1.1 Determinação do pH

Com o auxílio de um peagâmetro foi constatado que o efluente possui características ácidas, pois seu pH foi aferido em 5,53.

5.1.2 Determinação de Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Foram realizadas duas diluições para os ensaios de DQO, uma a 25% e a outra de 50%, após seguir os métodos propostos foram obtidos os seguintes resultados:

Diluição 25%: não reagente (NR)

Diluição 50%: 9980 ppm

Após a titulação e as correções referentes à diluição chegou ao resultado de 9980 ppm para a amostra diluída em 50% , o que confere ao efluente uma elevada DQO.

5.1.3 Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

Realizado com a amostra *in natura* e o outro com a amostra diluída em 50%, a tabela a seguir apresenta os resultados:

Tabela 2 - Resultados de Ensaios de DBO₅.

| Tempo | Amostra <i>in natura</i> (ppm) | Amostra diluída (ppm) |
|-------|--------------------------------|-----------------------|
| Dia 1 | 13 | 5 |
| Dia 2 | 143 | 114 |
| Dia 3 | 206 | 137 |
| Dia 4 | 271 | 180 |
| Dia 5 | 329 | 208 |

Fonte: Autor

Com os resultados de DQO e DBO₅ foi realizada a razão da DQO/DBO₅ das amostras e foi obtido os resultados anteriormente apresentados na Tabela 1.

Como se pode observar não foram obtidos dados para DQO com 25% de diluição da amostra do efluente, desta forma também não foram obtidos dados para essa razão. Com a diluição de 50% da amostra foram obtidos valores para as razões de DQO/DBO₅ de 30,33 para amostra *in natura* e 47,98 para amostra diluída, respectivamente. Esses números indicam que o efluente da amostra analisada possui uma carga alta de poluentes não biodegradáveis. Desta forma, o efluente gerado neste processo de tingimento, necessita de outra forma de tratamento antes do seu descarte ao ambiente.

5.2 DETERMINAÇÃO DE ABSORBÂNCIA MÁXIMA

O teste foi conduzido em espectrofotômetro uv/vis/nir, a uma concentração de 5000 ppm do corante *in natura*. O equipamento reportou um pico de máxima absorvância em 550 nm, resultado este que foi utilizado na construção da curva de calibração para determinação da concentração do efluente.

5.3 CURVA DE CALIBRAÇÃO

De posse dos dados obtidos a partir das diluições foi construída uma tabela no software Microsoft Excel e obtido o gráfico da concentração pela média da absorvância. A partir do mesmo foi feita a regressão linear com interseção no ponto (0,0). Na tabela 3 são apresentados os dados de concentração e absorvância

Tabela 3 - Dados de concentração e absorvância.

| Concentração (ppm) | ABS (nm) | ABS (nm) | Média ABS |
|--------------------|----------|----------|-----------|
| 55 | 0,537 | 0,536 | 0,536 |
| 44 | 0,432 | 0,435 | 0,4335 |
| 22 | 0,218 | 0,219 | 0,2185 |
| 11 | 0,110 | 0,112 | 0,111 |
| 2,2 | 0,023 | 0,022 | 0,0225 |

Fonte: Autor

A partir do gráfico e depois de realizada a regressão linear foi obtida a equação da reta para determinação da concentração do efluente de coleta, como demonstra a figura 17. Os dados são consistentes devido ao R^2 muito próximo a 1.

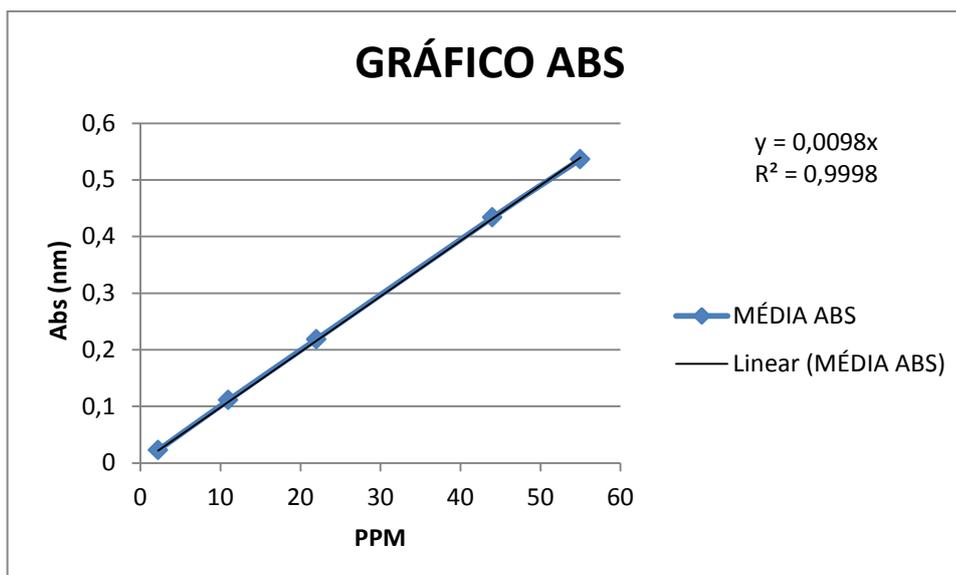


Figura 17: Gráfico de concentração pela média das absorvâncias

Fonte: Autor

Vale lembrar que todas as leituras de absorvância foram feitas a um λ de 550 nm.

Para determinação da concentração do efluente de coleta utilizou-se a equação da figura 17, a partir de uma diluição de 1:100 do efluente de coleta, foi realizada uma leitura no espectrofotômetro que reportou uma absorvância de 0,096 nm. Com os dados do espectrofotômetro e com a equação da reta foi determinada a concentração do efluente de coleta que após a correção da diluição foi determinada em 1066,66 ppm.

5.4 EVAPORAÇÃO DO EFLUENTE E RECUPERAÇÃO DO CORANTE

Após aproximadamente doze horas de exposição à temperatura de 180°C, toda parte aquosa do efluente foi evaporada, sendo que as cápsulas foram pesadas antes e depois da evaporação. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados da recuperação do corante

| Identificação | Cápsulas antes da evaporação peso (g) | Cápsulas após a evaporação peso (g) | Resultado da recuperação (g) | Desvio padrão |
|---------------------|---|---|---------------------------------|------------------|
| Cápsula 01 | 82,194 | 81,943 | 0,251 | |
| Cápsula 02 | 97,023 | 96,842 | 0,181 | |
| Cápsula 03 | 82,859 | 82,611 | 0,248 | |
| Cápsula 04 | 83,630 | 83,382 | 0,248 | |
| Média do recuperado | | | 0,232 | 0,034 |

Fonte: Autor

Os dados da tabela 4 mostram que a recuperação do sólido manteve uma média de 4,64 gramas por litro de efluente, e um desvio padrão de 3% devido principalmente ao resultado da cápsula 2 que interferiu na média dos resultados.

5.5 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE EVAPORAÇÃO

O estudo da taxa de evaporação foi conduzido no Laboratório de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana, por um período de 6 horas. Utilizaram-se materiais e área superficial diferentes para estudar a interferência destes na evaporação da amostra. Para cada material foram realizados testes em triplicata. As figuras a seguir demonstram a taxa de evaporação em gramas por hora de evaporação.

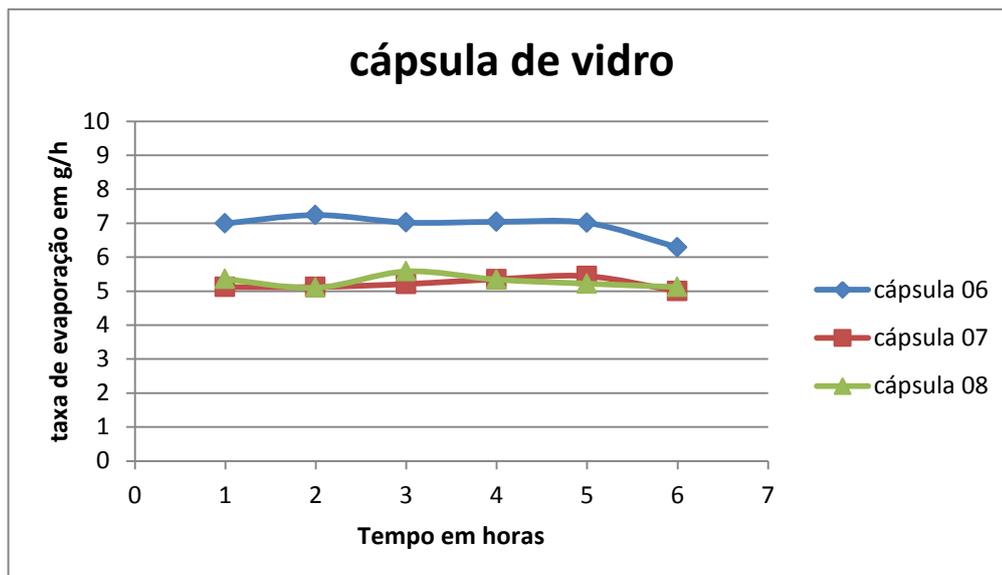


Figura 18: Taxa de evaporação cápsula de vidro

Fonte: Autor

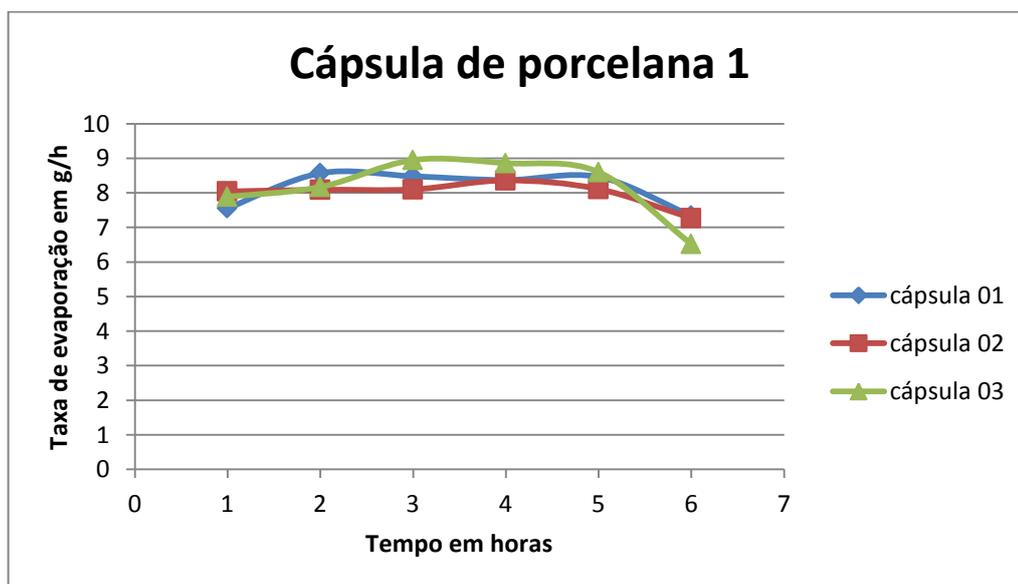


Figura 19: Taxa de evaporação cápsula de porcelana 1

Fonte: Autor

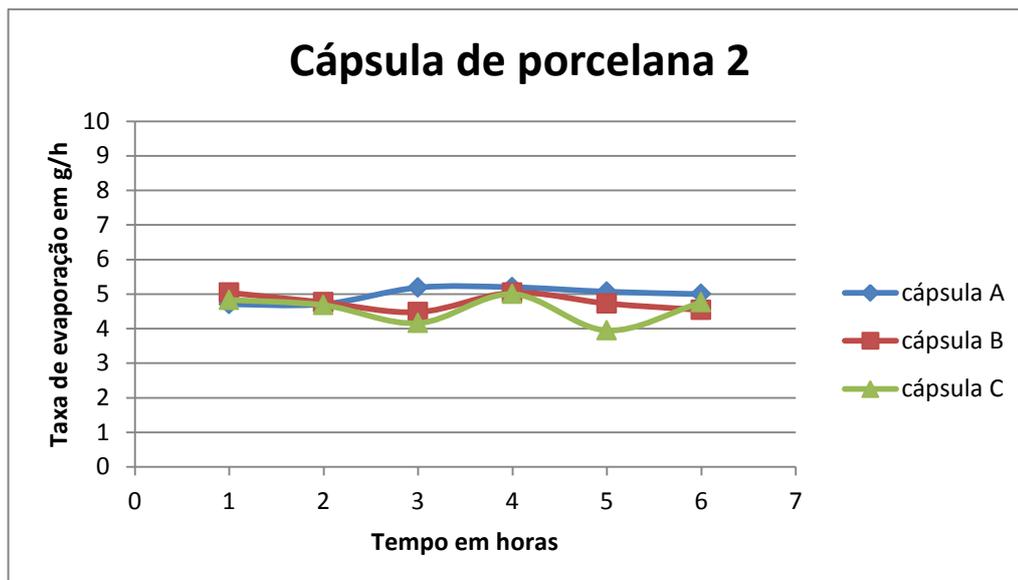


Figura 20: Taxa de evaporação cápsula de porcelana 2

Fonte: Autor

Pode-se observar nas figuras 18,19 e 20 acima que a taxa de evaporação a uma temperatura controlada manteve-se constante na maioria dos casos.

No caso da cápsula de vidro foi mantida uma taxa de evaporação em média de 5 g h^{-1} para duas das cápsulas (07 e 08) e a terceira cápsula que fora identificada como cápsula 06, a média da taxa de evaporação foi constatada em 7 g h^{-1} .

Essa diferença da taxa de evaporação já havia sido observada na recuperação do corante quando a cápsula 02 obteve resultado abaixo das demais. No caso da evaporação foi identificada uma taxa maior de evaporação para uma das amostras. Essa diferença pode estar ligada às propriedades do material tais como: porosidade, fissura, pequena diferença na área de contato não perceptível a olho nu, entre outras, pois, as mesmas foram submetidas ao mesmo tratamento de temperatura e tempo, não sendo estes os responsáveis pela diferença.

Para a porcelana 1 (Figura 19), foram utilizadas porcelanas com uma área de contato maior com a chapa aquecedora. Nota-se que a taxa de evaporação manteve-se constante para as três amostras, com pequena variação entre elas. A média da taxa de evaporação também foi superior às demais, sendo esta em 8 g h^{-1} . Nota-se apenas um decaimento na taxa ao final das 6 horas, o que pode-se considerar normal devido à concentração do efluente. Para este caso os materiais das cápsulas mantiveram uma homogeneidade entre si, apresentando dados mais

próximos uns dos outros, podendo enfatizar a taxa de evaporação maior para este tipo de cápsula.

Para a porcelana 2 (Figura 20), foram utilizadas porcelanas com uma área de contato menor que as porcelanas anteriores, sendo estas as que apresentaram maior variação entre si. Estas variações podem estar ligadas ao material da cápsula ou à disposição na chapa aquecedora, sendo que estas ficaram dispostas mais ao fundo da chapa, como demonstrado anteriormente na figura 15. Em média, as cápsulas apresentaram uma taxa de evaporação de $4,7 \text{ g h}^{-1}$.

Já para a porcelana 3, foram utilizadas o mesmo tipo de cápsula da Figura 20, porém o tratamento dado a elas difere do anterior no quesito que as demais cápsulas foram retiradas ao final de um período de uma hora, resfriadas em dessecador, pesadas e retornavam ao aquecimento.

Tabela 5 – Taxa de evaporação

| Cápsula | Tempo de evaporação | Taxa de evaporação g.h^{-1} |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Porcelana 2 | 4 horas (aquecimento intermitente) | 19,2 |
| Porcelana 3 | 4 horas (aquecimento contínuo) | 30,7 |
| Diferença em porcentagem | | 57% |

Fonte: autor

Para estas amostras foram estabelecidas que as mesmas ficassem o período de evaporação em constante aquecimento, para avaliar se os procedimentos de resfriamento e aquecimento interfeririam na taxa de evaporação foi constatado que ao final de um período de quatro horas, as porcelanas que ficaram em aquecimento constante apresentaram uma quantidade evaporada, em g, maior que as que eram submetidas ao resfriamento e aquecimento apresentando valores em média de 30,7 g de material evaporado para cápsulas de evaporação constante e de 19,2 g em média para as cápsulas de evaporação intermitente. Sendo uma diferença de 57% de material evaporado.

5.6 REUSO DO CORANTE

Após a recuperação do corante foi realizado o processo de tingimento das fitas de poliéster em triplicata. A Figura 21 traz o resultado (visual) do processo de tingimento.



Figura 21: Resultado do processo de tingimento

Fonte: Autor

Da esquerda para direita, na Figura 21, estão dispostos os resultados, sendo que as fitas de tons mais escuros foram os resultados obtidos com o corante *in natura* e as fitas de tons mais claros foram os resultados obtidos com o corante recuperado.

As fitas de poliéster tingidas com o corante recuperado não atingiram o tom das fitas tingidas com o corante *in natura*, observando que para as amostras foram adotadas as mesmas estequiometrias.

As divergências na cor podem estar relacionadas com a pureza do corante recuperado. Supõe-se que o recuperado não seja 100% corante, como se pode observar pela determinação da concentração do efluente de coleta que demonstrou um valor de 1066,66 ppm, podendo conter neste ainda, resíduos sólidos de fibras do processo de tingimento primário. Outra possibilidade de interferência pode estar relacionada ao processo primário que o corante passou antes de ser recuperado, podendo ter havido alteração na molécula do corante ou mesmo perda das características que levariam a atingir o tom mais escuro.

Sendo assim, o corante recuperado mostrou-se em teste de laboratório uma medida viável para diminuição na carga do efluente e também reutilizável em outro processo de tingimento. Contudo sua utilização em escala industrial deverá ser estudada mais a fundo.

6 CONCLUSÕES

Com este trabalho, constata-se que a recuperação do corante da classe química antraquinona (disperso) é possível, através do processo de evaporação conduzido a 80 °C. As taxas de evaporação apresentaram-se satisfatórias para a temperatura utilizada, porém o tempo de secagem é relativamente longo, o que pode gerar uma variável de alta importância no projeto de recuperação, que deverá utilizar de alguma forma de energia residual, para que não acrescente custos no processo.

A diminuição da carga do efluente final gerado no primeiro tingimento e a reutilização do recuperado em um novo processo de tingimento é um ponto importante desenvolvido no trabalho, uma vez que o impacto ambiental será significativamente diminuído ou observando a questão do tratamento do efluente, este se tornará mais simples e com custo menor.

O teste de reutilização do recuperado em um novo tingimento no laboratório mostrou-se viável, apesar da cor não apresentar a mesma característica do corante *in natura*. Pode-se desenvolver uma aplicação do corante reutilizado com tonalidade diferenciada, estendendo essa técnica a outras colorações e ofertando no comércio opção de tingimento ecologicamente corretas e economicamente mais viáveis.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química

Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/corantes/cor_historia.asp> acesso em: 1 de maio de 2012.

ABQCT – Associação Brasileira de Químicos e Coloristas Têxteis

Disponível em: <<http://www.abqct.com.br/artigost/Manual%20de%20Poliester.pdf>> acesso em: 10 de fevereiro de 2013.

ALMEIDA, V. C. **Desenvolvimento de Métodos Analíticos para Determinação e Extração de Corantes Têxteis em Efluentes Industriais**. 2006. 108 f. Tese de pós – graduação. Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Química, Maringá, 2006.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. **Manual de Engenharia Têxtil**, Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian, 2ª Ed., vol2, 1984.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento

Disponível em:

<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/Set2905.pdf> acesso em: 01 de março de 2013.

BECHTOLD.T.;TURCANU, A.Cathodic de colour sation of dyes in concentrates from nanofiltration and inprinting pastes. **J. ApplElectrochem**. v. 34, 903–10, 2004.

CLESCERI, L. S., GREENBERG A. E. , TRUSSEL, R. R.; **Standard Methods, For the Examination of Water and Wastewater**, 17. ed., Boston – USA: American Public Health Association (APHA-AWWA), 1989.

DOLZAN, Neseli. **Tingimento de Fibras Sintéticas com Corantes Dispersos**. 2004. 118 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2004.

FIEP – Federação das Indústrias do Paraná

Disponível em:

<<http://www.fiepr.org.br/sindicatos/sindiwestoeste/FreeComponent19250content153636.shtml>>acesso em: 16 de setembro de 2012.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v.23, p. 71, 2000.

HORWITZ, W. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC).13.ed., 1980.

KUNZ, A., PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis, **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

NETO, A.; PITA,P.;**Fibras Têxteis/ Pedro Pita Aguiar Neto**. Rio de Janeiro: SENAI, 1996.

OLIVEIRA, Carla Padrel; SOUSA, Teresa Paiva; **Introdução à Química**, Universidade Aberta, 1999.

RIBEIRO, V. A. S. **Fotodegradação de efluentes têxteis catalisada por ZnO**. 2010. 128 f. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Maringá, 2010.

SALEM, V.: **Beneficiamento têxtil na prática**; 1. Ed – São Paulo: Golden Química do Brasil, 2005.

SALEM, V.;**Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**.São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SENAI, **Tecnologia Têxtil – I**, Curso Técnico, [19--]