

Verificação do perfil espectrofotométrico de soluções aquosas de corantes provenientes da lavagem de tecido jeans utilizando luz ultravioleta e percarbonato de sódio.

Verification of the spectrophotometric profile of aqueous solutions of dyes from jeans fabric washing using ultraviolet light and sodium percarbonate.

Recebimento dos originais: 29/01/2019

Aceitação para publicação: 26/02/2019

Henrique Nascimento de Araújo

Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas, Bolsista PIBIFSP, IFSP/Câmpus Barretos, Av. C-1, 250, CEP 14781-502, Barretos, SP,

E-mail: henriquendearaujo@gmail.com

Emanuel Carlos Rodrigues

Docente, IFSP/Câmpus Barretos, Av. C-1, 250, CEP 14781-502, Barretos, SP,

E-mail: emanuelbarretos@ifsp.edu.br

RESUMO

Os corantes são substâncias muito utilizadas na indústria têxtil, especialmente o *Índigo Blue* nos tecidos *Jeans*. A exposição a esse corante pode proporcionar toxicidade aos seres vivos. Sua estrutura molecular apresenta alta estabilidade química e difícil degradabilidade, o que justifica os diferentes estudos sobre esse poluente. A literatura apresenta diferentes estudos sobre a degradação de corantes e outras moléculas estáveis, entre os quais a utilização da foto-oxidação assistida com agentes oxidantes. O percarbonato de sódio apresenta em sua composição o peróxido de hidrogênio, um forte agente oxidante que pode auxiliar na degradação de moléculas como os corantes. Esse trabalho teve como objetivo verificar o perfil espectrofotométrico de soluções aquosas de corantes provenientes da lavagem de tecido *Jeans* utilizando luz ultravioleta e diferentes concentrações de percarbonato de sódio e valores de potencial hidrogeniônico (pH).

Palavras-chave: Corante; Foto-oxidação; Percarbonato; UV-vis

ABSTRACT

Dyes are substances widely used in the textile industry, especially *Indigo Blue* in Jeans clothes. This dye may be toxic to living beings. The dye molecular structure exhibits high chemical stability and is difficult to degrade, which justifies the different studies on this pollutant. The literature presents different studies on the dyes degradation and other stable molecules, among which the use of photo oxidation assisted with oxidizing agents. Sodium percarbonate has in its composition hydrogen peroxide, a strong oxidizing agent that can aid in the degradation of molecules such as dyes. The objective of this work was to verify the spectrophotometric profile of aqueous solutions of dye from *Jeans* clothes washing using ultraviolet light and different concentrations of sodium percarbonate and hydrogenation potential (pH) values.

Keywords: Dye; Photo-oxidation; Percarbonate; UV-vis

1 INTRODUÇÃO

Corantes podem ser definidos como substâncias intensamente coloridas com habilidade de absorver a luz visível na faixa de 400 a 700 nm que lhes conferem cor quando presentes em um material.

O corante Índigo, 2,2'-Bis (2,3-dihidro-3-oxoindolilideno), também conhecido como Índigo *Blue* apresenta cor azul e é um dos compostos mais utilizados na indústria têxtil no mundo. O termo Índigo é derivado do grego indikon e do latim indicum e representa uma substância originária na Índia, país no qual se originou. O índigo era obtido a partir de plantas do gênero *Indigofera*, presente em diversos países, inclusive no Brasil (MUNCHEN et al, 2015). Atualmente sua produção é quase totalmente por vias de rotas sintéticas. Sua fórmula molecular é $C_{16}H_{10}N_2O_2$, de massa molar igual a 262,26 g Mol⁻¹, com densidade relativa de 1,35 g cm⁻³ a 20 °C e insolúvel em água. Este corante apresenta toxicidade ao ser humano quando inalado ou em contato, sob exposição prolongada. A figura 1 apresenta a estrutura molecular do corante Índigo. (SIGMA-ALDRICH, 2016).

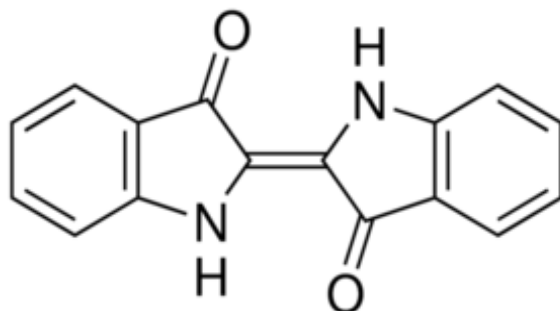
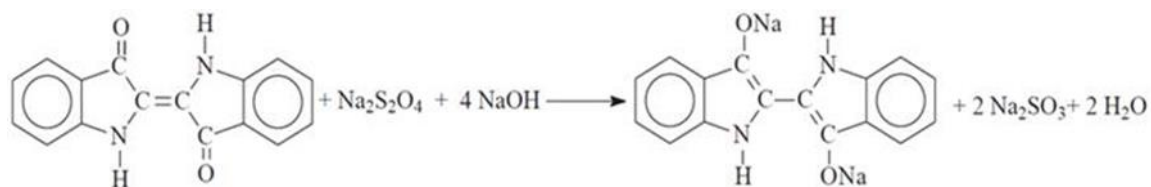


Figura 1. Estrutura molecular do corante Índigo.

A estrutura do corante apresenta dois anéis aromáticos, e uma ligação dupla entre carbonos na parte central da molécula, conferindo à molécula alta estabilidade química e difícil degradabilidade (ALBUQUERQUE et al, 2015).

Na indústria têxtil, em especial a do *Jeans*, o índigo é reduzido à forma leucoíndigo (verde) pelo ditonito de sódio ($Na_2S_2O_4$) em solução alcalina, com a conversão do grupo carbonila (C=O) na sua forma reduzida (C-OH), tornando-se solúvel em meio aquoso e fixando-se na fibra do tecido; depois, pela reoxidação com o ar, é regenerado à forma original do corante (azul), conforme apresenta a equação (1).

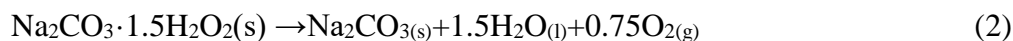


(1)

As indústrias têxteis utilizam grandes quantidades de água, corantes, incluindo o índigo, entre outros produtos químicos ao longo de uma complexa cadeia produtiva, gerando grande quantidade de efluentes poluidores do meio ambiente, contendo elevada carga orgânica, toxicidade e cor acentuada. A indústria do Jeans é a principal consumidora do corante. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de Jeans desde 1998, com produção da ordem de 250 milhões de metros lineares por ano (GORINI, 1999; TANJI, 2016). Essa indústria apresenta grandes demandas de tratamento de seus efluentes. Isto porque os efluentes contendo corantes são complexos, uma vez que esses são produzidos para resistir às diferentes condições de uso, ou seja, apresentam elevada estabilidade química, sendo muito resistentes à biodegradação (PASCHOAL; TREMILIOSI-FILHO, 2005).

Assim, a literatura apresenta um grande número de estudos sobre o desenvolvimento de técnicas específicas para a sua degradação, incluindo a foto-oxidação assistida com agentes oxidantes, com destaque para o processo foto-Fenton que utiliza luz ultravioleta e peróxido de hidrogênio na presença de íons metálicos (NOGUEIRA et al, 2007; SALGADO et al, 2009; ALBUQUERQUE et al, 2015).

Além do peróxido de hidrogênio, outras substâncias podem contribuir com processos oxidativos, entre elas o percarbonato de sódio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$), constituído de carbonato de sódio e peróxido de hidrogênio, que se decompõe irreversivelmente produzindo gás oxigênio (O_2), conforme apresenta a equação 2 (ZONFRILLI; GERMANÀ; GUIDA, 2016):



O gás oxigênio é um excelente agente oxidante de matéria orgânica e pode contribuir no processo de oxidação de compostos de alta estabilidade química. Dentro deste contexto, esse trabalho visou à verificação do perfil espectrofotométrico, na região do ultravioleta e visível (UV-Vis), de soluções aquosas de corantes provenientes da lavagem de tecido jeans utilizando luz ultravioleta e percarbonato de sódio, em diferentes valores de potencial hidrogeniônico (ácido, neutro e alcalino), bem como na presença ou ausência de percarbonato de sódio, em diferentes tempos de exposição à luz ultravioleta e ao agente

oxidante. A verificação da degradação foi feita por meio de varredura (scanning) de absorção em espectrofotometria na região do ultravioleta e visível (UV-Vis).

2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras consistiram de águas de lavagem de calças *Jeans* de cor azul, novas, adquiridas no comércio local, provenientes de máquina de lavar de uso doméstico. Para a análise das amostras foram estabelecidas as seguintes condições experimentais apresentadas no quadro 1. O pH final das soluções foram obtidos por meio da adição de solução de ácido clorídrico (HCl) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, ou pela adição de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, medidos em pHmetro devidamente calibrado. A análise da influência da luz foi realizada com a exposição de 25 mL de cada solução (amostras de 1 a 9), sob ação da luz emitida por lâmpada germicida UV/Vis, colocada sobre os béqueres abertos, com tempo máximo de 2 horas, com medições de absorbância (190 a 1100 nm) a cada 60 minutos.

Quadro 1. Condições de preparo e análise de amostras.

Amostra	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Uso de percarbonato de sódio a 1 g/L	Tempo máximo de exposição à luz (horas)
1	4	Não	1 hora
2	7		
3	10		
4	4	Sim	2 horas
5	7		
6	10		
7*	4		1 hora
8*	7		
9*	10		

* Amostras que foram deixadas em repouso com percarbonato de sódio por 1 hora antes da exposição à luz.

As análises de espectrofotometria na região do ultravioleta e visível foram realizadas em espectrofotômetro *Thermo Scientific Genesys 10s*. Os dados obtidos na varredura foram plotados, bem como calculadas as áreas de pico de interesse utilizando software gráfico para análise de dados e estatística.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As soluções contendo o corante nas diferentes condições apresentadas na tabela 1 foram analisadas utilizando a espectrofotometria na região do ultravioleta e visível (UV-Vis) por meio de varredura em comprimentos de onda (λ) de 190 a 1100 nm. Os dados obtidos nas análises das amostras foram plotados em espectros de absorção, gráficos de comprimento de onda (λ) *versus* absorbância (Abs), conforme as figuras de 2 a 6. Os espectros obtidos permitiram observar duas regiões características de absorção: a) de 250 a 450 nm; e b) de 600 a 700 nm.

A figura 2 apresenta o espectro UV-Vis da amostra 1, a solução contendo o corante em pH=4 e sem a utilização do percarbonato de sódio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$). A análise do espectro permitiu observar que após 1 hora de exposição à luz ultravioleta não houve mudança significativa na área de pico nas regiões a e b do gráfico, o que indica que não houve influência da luz no processo de degradação do corante, uma vez que ele continua absorvendo luz nestas regiões de interesse.

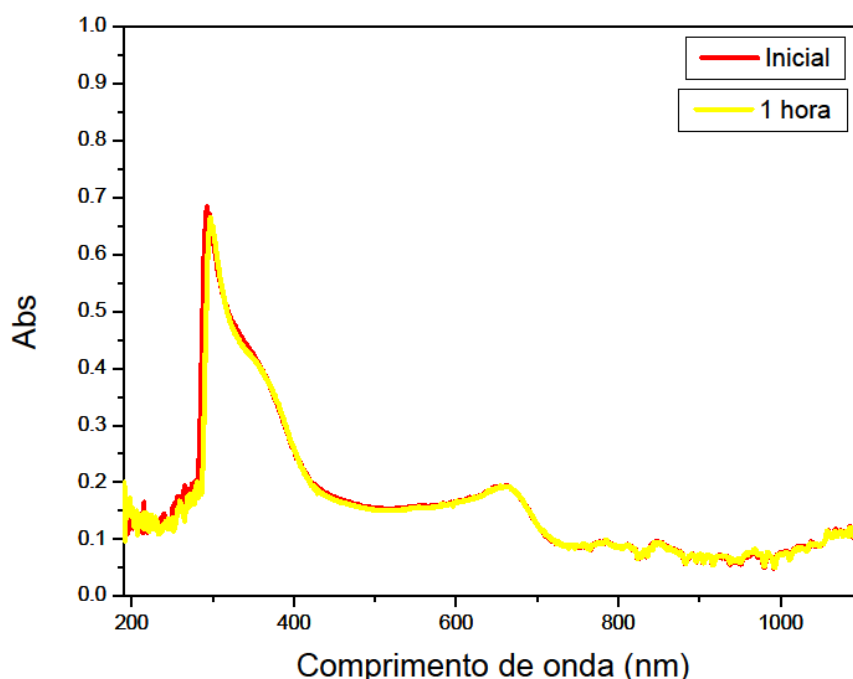


Figura 2. Espectro de absorção UV-Vis da solução com pH=4 e sem a presença do percarbonato de sódio.

A figura 3 apresenta o espectro UV-Vis da amostra 2, solução em pH=7 e sem a utilização do percarbonato de sódio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$). A análise do espectro permitiu observar que, assim como ocorreram nas amostras com pH=4, na ausência de percarbonato

de sódio e após 1 hora de exposição à luz ultravioleta, não houve mudança significativa nas áreas de absorção “a” e “b” do espectro, o que indica que não houve influência da luz no processo de degradação do corante, uma vez que ele continua absorvendo luz nestas regiões de interesse.

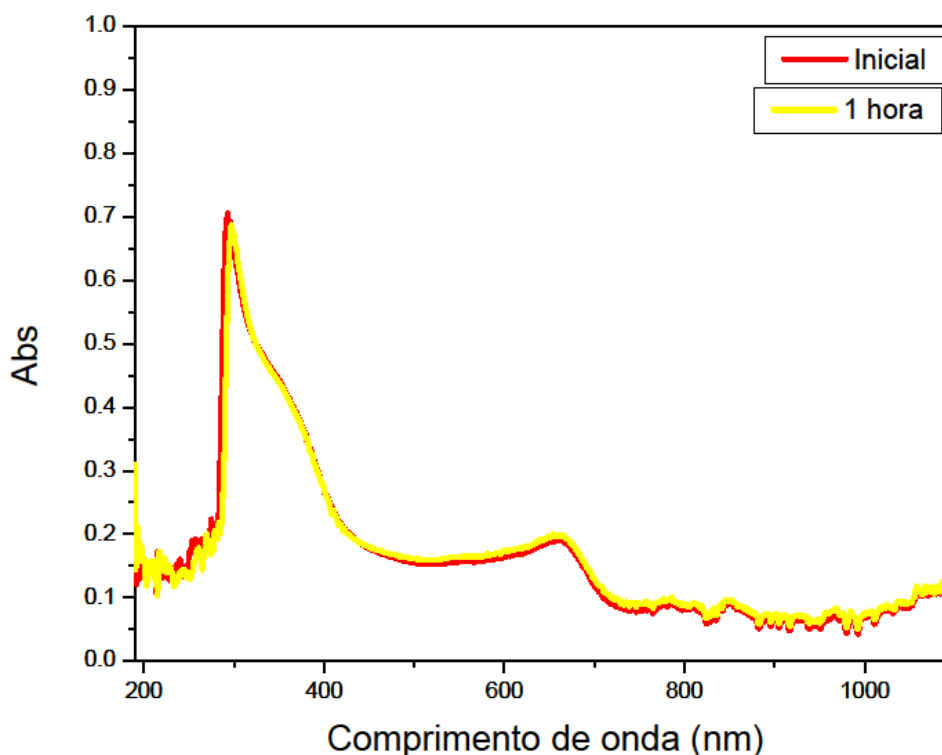


Figura 3: Espectro de absorção (UV-Vis) da solução com pH=7 e sem a presença do percarbonato de sódio.

Analisando a figura 4, que representa o espectro UV-Vis da solução 3, contendo o corante em solução com pH=10, pôde-se observar que houve a redução das áreas de absorção “a” e “b” após uma hora de exposição à luz, sendo os valores iniciais: a = 68.05 nm.Abs e b = 17.80 nm.Abs, e após 1 horas de exposição: a = 62.96 nm.Abs e b = 15.55 nm.Abs.

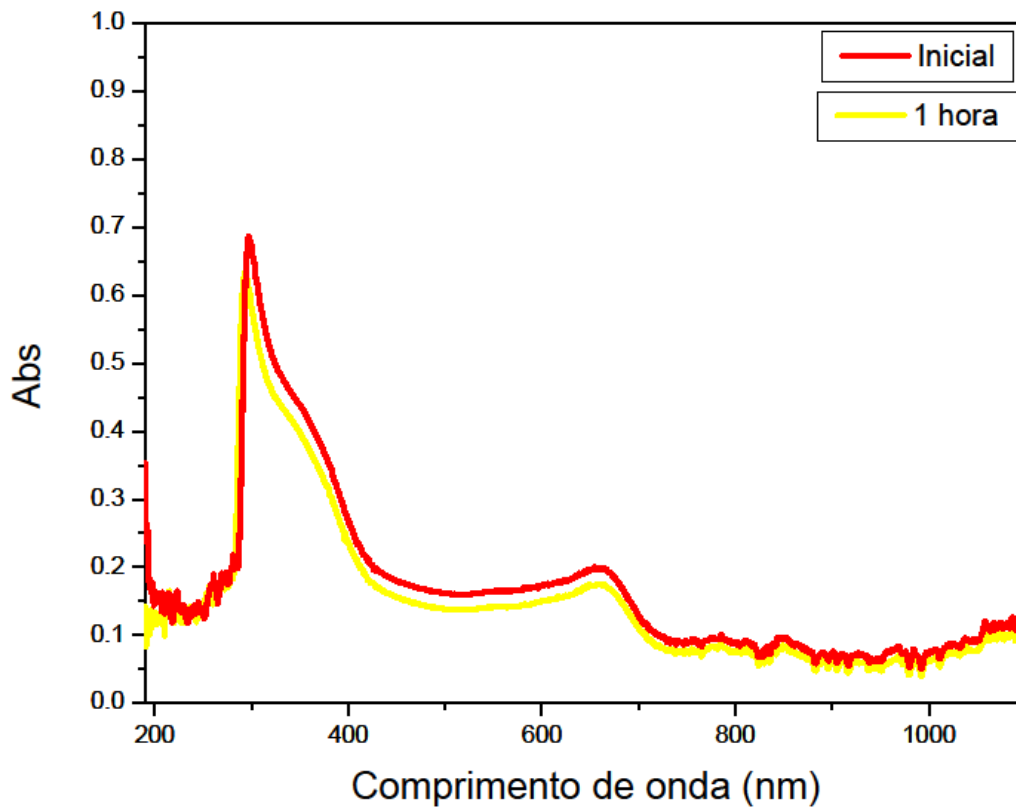


Figura 4: Espectro de absorção UV-Vis da amostra 3, solução com pH=10 e sem a presença do percarbonato de sódio.

Analisando os espectros da figura 5, representando as amostras 4 e 7, pôde-se verificar que, em um pH igual a 4, sob a ação do percarbonato de sódio e aliado à exposição à luz, houve influência nas áreas características de absorção (regiões a e b), sendo que as maiores áreas correspondem à análise inicial da amostra antes da exposição à luz (região a = 62.73 nm.Abs e b = 15.99 nm.Abs) e a menor área, que corresponde à amostra após 2 horas de exposição (a = 51.92 nm.Abs e b = 13.56 nm.Abs). Não se verificou diferença significativa no perfil espectrofotométrico das amostras que ficaram expostas por 1 e 2 horas, pois ambas apresentaram a mesma redução da área de absorbância em relação ao espectro da amostra inicial (sem a presença do agente oxidante e ação da luz). Já a amostra 7, que ficou de em repouso (“molho”)por 1 hora na presença de percarbonato de sódio, e posteriormente ficou exposta à luz por 1 hora, teve uma redução das áreas “a” e “b” menor em relação às outras amostras (a = 62.37 nm.Abs e b = 15.20 nm.Abs). O pico de absorção máxima foi de 0,695 em um comprimento de onda de 297 nm da amostra inicial.

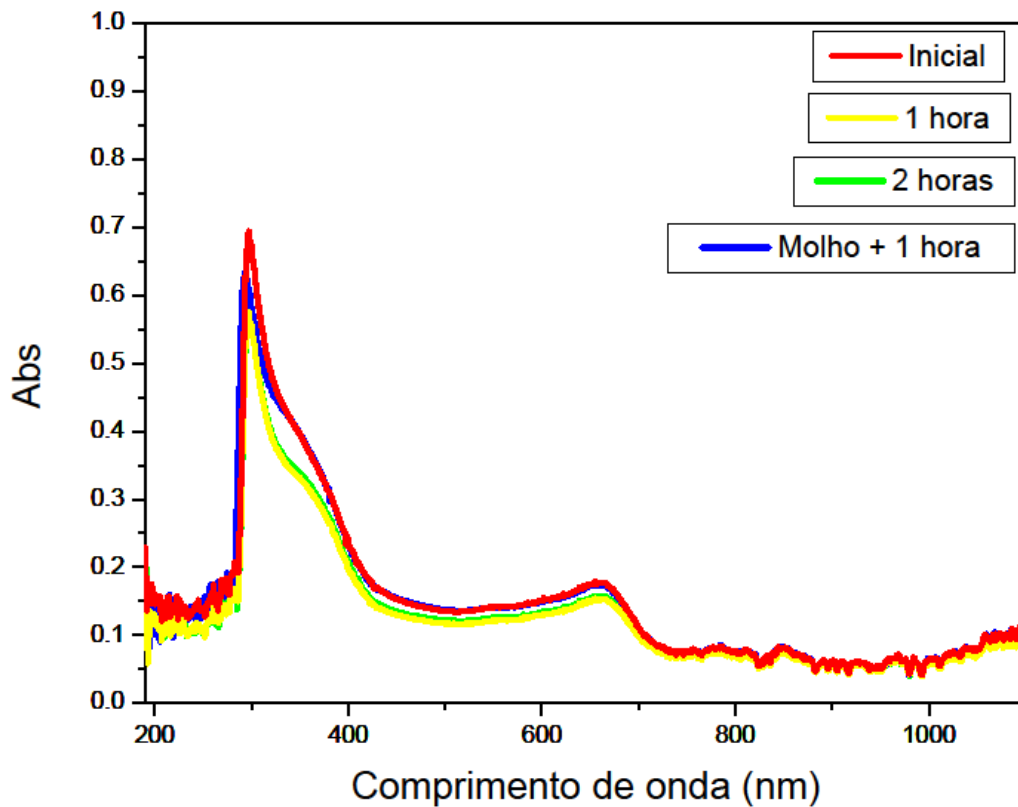


Figura 5: Espectro de absorção UV-Vis das amostras 4 e 7, com pH=4 e na presença do percarbonato de sódio.

Analisando os espectros da figura 6, para as amostras 5 e 8, com a utilização de percarbonato de sódio em pH=7, pôde-se verificar que a ação desse agente oxidante aliado à exposição da luz influenciou nas áreas de absorção, sendo que as maiores áreas correspondem à análise inicial da amostra antes da exposição à luz (região a = 63,43 nm.Abs e b = 16,66 nm.Abs) e a menor área, que corresponde à amostra após 2 horas de exposição (a = 52,88 nm.Abs e b = 13,74 nm.Abs). O pico de absorção máxima foi de 0,717 em um comprimento de onda de 297 nm da amostra inicial. A análise geral de todos os espectros indica que quanto maior o tempo de exposição, menor as áreas de pico, corroborando com a hipótese da degradação do corante pela ação do percarbonato aliado à exposição à luz.

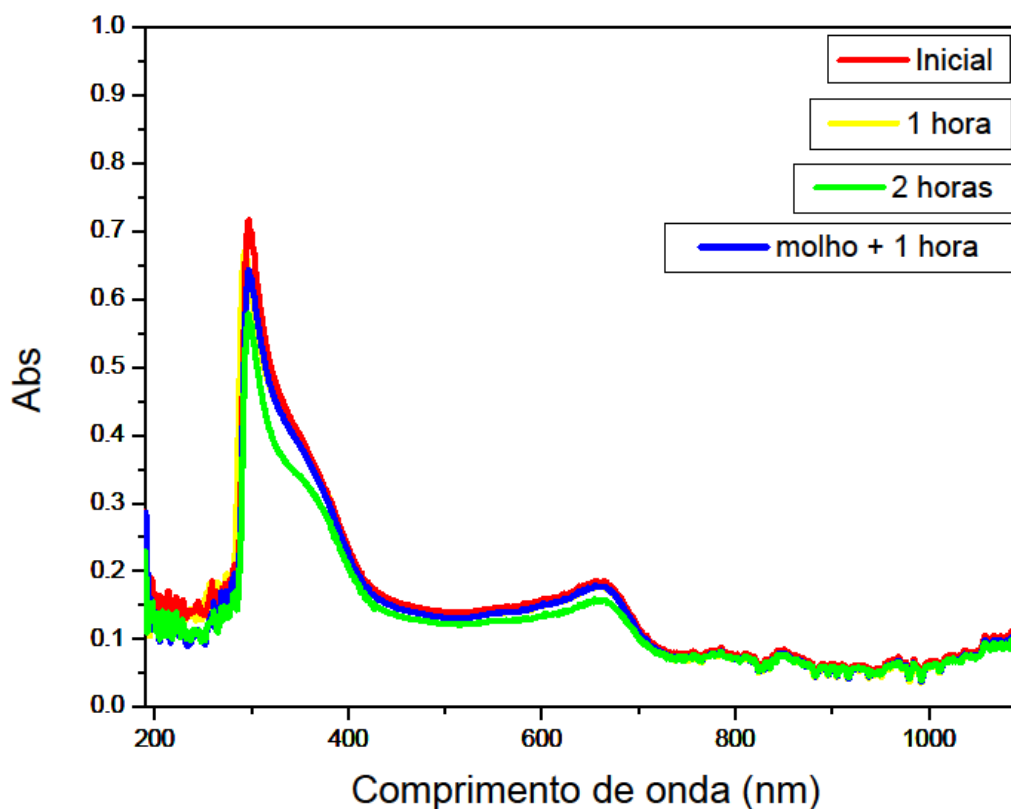


Figura 6: Espectro de absorção da solução com pH=7, na presença do percarbonato de sódio.

Não foi observada influência da ação da luz e do percarbonato de sódio nas amostras 6 e 9, com pH=10, em presença de percarbonato de sódio.

4 CONCLUSÕES

A análise do perfil espectrofotométrico das soluções aquosas de corantes extraídos de tecidos *Jeans* permitiu observar para as amostras que não utilizaram o percarbonato de sódio, apenas a de pH=10 sofreu algum efeito da irradiação de luz ultravioleta e do agente oxidante, uma vez que a área das regiões características de absorção foi diminuída. As amostras que foram expostas à luz e na presença de percarbonato de sódio em pH=4 e pH=7, também tiveram suas áreas de absorção diminuídas, o que pode indicar um processo de degradação das moléculas de corantes. Ainda sobre os espectros dessas amostras pôde-se evidenciar que quanto maior o tempo de exposição à luz, menor foram as áreas de pico, corroborando também com a hipótese da possível degradação do corante pela ação do percarbonato aliado à exposição à luz. Posteriormente serão realizados outros trabalhos de pesquisa para

verificação da hipótese de degradação do corante sob ação do percarbonato de sódio e luz ultravioleta.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IBIFESP) e ao Câmpus Barretos pela infraestrutura necessária para a realização desse estudo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. V. C.; RAMOS, R. O.; BRITO, A. L. M.; LOPES, W. S. Aplicação de processos oxidativos na degradação dos corantes índigo blue e azul de metileno. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, 2015.

GORINI, A. P. F. O segmento de índigo. **Biblioteca Digital BNDES**. 1999. Disponível em <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1009.pdf>. Acesso em: 24 Fev. 2019.

MUNCHEN, S.; ADAIME, M. B.; PERAZOLLI, L. A.; AMANTÉA, B. E.; ZAGHETE, M. A. Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química. **Quím. Nova Esc.**, v. 37, n. 3, 2015.

NOGUEIRA, R. F.; TROVÓ, A. G; SILVA, M. R. A.; VILLA, R. D.; OLIVEIRA, M. C. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. **Quím. Nova**, v. 30, n. 2, 2007.

PASCHOAL, F. M. M.; TREMILIOSI-FILHO, G. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante Índigo Blue a partir de efluentes industriais. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 5, 766-772, 2005.

TANJI, T. Escravos da moda: os bastidores nada bonitos da indústria fashion. **Revista Galileu**, Junho, 2016. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2016/06/escravos-da-moda-os-bastidores-nada-bonitos-da-industria-fashion.html>> . Acesso em: 05 Nov. 2016.

SALGADO, B. C. B.; NOGUEIRA, M. I. C.; RODRIGUES, K. A.; SAMPAIO, G. M. M. S.; BUARQUE, H. L. B. ; ARAÚJO, R. S. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂). **Eng. Sanit. Ambient.** v.14, n.1, 2009.

SIGMA-ALDRICH. Corante azul de Índigo sintético. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos**, 2016.

ZONFRILLI, F.; GERMANÀ, S.; GUIDA, V. Thermal stability of dry detergent formulation containing sodium percarbonate. **Associazione Italiana Di Ingegneria Chimica (AIDIC)**, 2016. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.486.4922&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 24 Fev. 2019.