

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL**

BEATRIZ GOMES RODRIGUES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ ULTRAVIOLETA NO ALVEJAMENTO DE
MALHA DE ALGODÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**APUCARANA
2019**

BEATRIZ GOMES RODRIGUES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ ULTRAVIOLETA NO ALVEJAMENTO DE
MALHA DE ALGODÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Têxtil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dayane Samara
De Carvalho Coltre

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Valquíria
Aparecida dos Santos Ribeiro

**APUCARANA
2019**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

Estudo da influência da luz ultravioleta no alvejamento de malha de algodão

por

BEATRIZ GOMES RODRIGUES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos vinte e sete dias de novembro de dois mil e dezenove, às dez horas e trinta minutos, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

PROFESSOR(A) DAYANE SAMARA DE CARVALHO COLTRE – ORIENTADORA

PROFESSOR (A) CAROLINE APOLONI CIONEK – EXAMINADOR(A)

PROFESSOR(A) SAMIRA DA SILVA MENDES – EXAMINADOR(A)

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

RODRIGUES, Beatriz Gomes. **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ ULTRAVIOLETA NO ALVEJAMENTO DE MALHA DE ALGODÃO**. 2019. 32. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana – 2019.

RESUMO

O beneficiamento têxtil é dividido em três etapas, sendo que uma delas é o beneficiamento primário, a qual conta com uma série de operações físicas, químicas e/ou mecânicas que têm como objetivo comum preparar o artigo têxtil para os processos de tingimento e acabamento. Uma dessas operações é o alvejamento, o qual tem a função de degradar os pigmentos existentes na fibra por meio das reações químicas, tornando o substrato têxtil branco, sendo que o processo convencional é realizado por meio da utilização de um peróxido de hidrogênio em altas temperaturas. Todavia, a busca por novas metodologias para tais processos de beneficiamento é constante, pois as mesmas podem contribuir com melhorias tanto para o avanço tecnológico do processo como também na qualidade do artigo final. Assim, uma alternativa que poderia contribuir para o alvejamento convencional é a realização deste procedimento com a utilização da luz ultravioleta (UV), a qual pode ter a função de ativar o agente oxidante presente na solução. Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi investigar a influência de alguns parâmetros do processo (concentração de H_2O_2 , tempo e distância da luz UV com a amostra) no alvejamento com radiação UV por meio de um planejamento fatorial 2^3 . A partir dos resultados, encontrou-se que todos os fatores analisados foram significativos, sendo que a distância entre a luz UV e a amostra foi o fator que apresentou maior contribuição no grau de alvura, sendo que quanto menor foi a distância entre a luz UV e a amostra, maior foi o grau de branco obtido. Realizou-se também o alvejamento convencional sem a interferência de qualquer luz sobre a solução alvejante e, este experimento, resultou em um grau de branco menor quando comparado com o alvejamento realizado com o auxílio da emissão das luzes UV. Diante disso, notou-se que a utilização da radiação ultravioleta no alvejamento têxtil contribuiu de forma efetiva para um bom resultado no grau de alvura da malha alvejada.

Palavras-chave: Peróxido de hidrogênio. Radiação UV. Grau de Alvura.

RODRIGUES, Beatriz Gomes. **STUDY ON THE INFLUENCE OF ULTRAVIOLET LIGHT IN THE BLEACHING OF COTTON FABRIC**. 2019. 32. Course Completion Work Textile Engineering, Federal technological University of Paraná- Apucarana – 2019.

ABSTRACT

The textile processing is divided into three stages, one of which is the primary beneficiary, which has a series of chemical and / or mechanical operations that have the common objective of preparing the textile article for dyeing and finishing processes. One of these operations is performed, or what is the function of degrading the existing pigments in the fiber by chemical, using the white textile substrate, and the conventional process is performed by using a hydrogen peroxide at high temperatures. However, a search for new methodologies for these beneficiation processes is constant, as they can contribute to improvements both for the technological advancement of the process and also for the quality of the final article. Thus, an alternative that may contribute to conventional whitening is the performance of this procedure with the use of ultraviolet light (UV), which may have the function of activating the oxidizing agent present in the solution. Based on this, the objective of this work was to investigate the influence of some process parameters (H₂O₂ concentration, time and distance of UV light with a sample) without change with UV radiation through a factorial design 2³. From the results It was found that all the factors analyzed were used, and the distance between the UV light and the sample was the factor that had the greatest contribution in the degree of whiteness, being the smallest as the distance between the UV light and the sample. , the largest was the degree of white used. It was also performed or conventionally bleached without interference of any light on the bleached solution and, this experiment, resulted in a lower degree of white when compared with bleaching performed with the aid of UV light emission. In view of this, it is not possible to use ultraviolet radiation in the textile socket effectively contributed to a good result in the whiteness of the targeted mesh.

Keywords: Hydrogen peroxide. UV Radiation. Degree.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da cadeia produtiva têxtil	3
Figura 2 - Classificação das fibras têxteis	5
Figura 3 - Estrutura morfológica da fibra de algodão.....	6
Figura 4 - Esquema do reator.....	12
Figura 5 - Gráfico de probabilidade normal dos efeitos.	16
Figura 6 - Gráfico de superfície plana de resposta para o grau de alvura das amostras de malha de algodão relacionando a distância com a luz UV e a concentração de H ₂ O ₂	18
Figura 7 - Gráfico de superfície plana de resposta para o grau de alvura das amostras de malha de algodão relacionando a distância com a luz UV e o tempo.	19
Figura 8 - Gráfico de superfície plana de resposta para o grau de alvura das amostras de malha de algodão relacionando a concentração de H ₂ O ₂ e o tempo.	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Receita da purga enzimática.	11
Quadro 2 - Receita para ambos os alvejamentos.....	12
Quadro 3 - Planejamento fatorial para o alveamento com luz UV.	13
Quadro 4 – Valores dos graus de alvura de cada amostra e a média das replicatas.	14
Quadro 5 - Efeito e contribuição.	15
Quadro 6 – Influência dos parâmetros para a variável resposta para o alveamento com radiação UV (ANOVA).	17
Quadro 7 - Equação do modelo estatístico obtido para o grau de alvura das amostras.	17
Quadro 8 - Resultados de Grau de Alvura dos experimentos realizados sem interferência de luz.	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GERAL	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. A INDÚSTRIA TÊXTIL	3
2.2. FIBRAS	4
2.2.1. Fibra de algodão	5
2.3. BENEFICIAMENTO TÊXTIL	7
2.3.1 Alvejamento	8
2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	9
3. METODOLOGIA	11
3.1. MATERIAIS	11
3.2 PURGA ENZIMÁTICA	11
3.3 ALVEJAMENTO	11
3.2.1 Alvejamento com radiação ultravioleta	12
3.3.2 Alvejamento convencional	13
3.4 ANÁLISE DO GRAU DE ALVURA	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1. AVALIAÇÃO DO PLANEJAMENTO FATORIAL 2 ³	14
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva têxtil integra atividades que vão desde o beneficiamento de fibras naturais até a confecção de roupas, formando uma cadeia relativamente linear, ou seja, o resultado de uma etapa é o principal insumo da etapa seguinte, independentemente de fatores como sequência e tecnologia de produção (COSTA et. al, 2013).

O processo da cadeia produtiva têxtil é composto pelos segmentos de fiação, tecelagem, malharia, não tecidos, beneficiamento e confecção. O beneficiamento têxtil é subdividido em beneficiamento primário, secundário e terciário, cada qual com a sua funcionalidade específica. No beneficiamento primário o tecido passa por tratamentos que antecedem ao tingimento e a estamparia, consistindo em remover as impurezas presentes no tecido cru por meio de processos químicos, físicos e/ou mecânicos. A escolha do tipo de processo a ser utilizado depende da fibra presente no tecido e/ou da finalidade que o produto final deseja atender (SENAI, 2015a).

O alvejamento é uma das etapas do beneficiamento primário, considerado como um processo químico que tem por objetivo oferecer brancura aos tecidos, principalmente aos tecidos com fibra de origem natural que apresentam coloração amarelada. O branqueamento é realizado por meio da degradação da matéria do corante a partir de uma reação que pode oxidar ou reduzir, realizada por determinados alvejantes químicos (LAVADO, 2012a).

Atualmente, existem estudos que mostram que tais branqueamentos podem ser efetuados pela ativação do agente alvejante quando a luz ultravioleta (UV) é aplicada sobre as amostras de tecido de algodão em solução (EREN, 2018; TANG e SUN, 2016). Tal aplicação resulta na quebra química de toda a matéria de corante presente no algodão cru (OLIVEIRA et. al, 2018). Contudo, é necessário realizar a avaliação de alguns parâmetros como, distância da radiação UV com a amostra, concentração de H_2O_2 e tempo de processamento no grau de branco obtido, a fim de analisar o efeito da luz UV no processo de branqueamento.

1.1. JUSTIFICATIVA

A importância de investigar inovações se resume em estar sempre em busca de melhorias dentro de processos já existentes. Assim, a escolha de novas metodologias para alguns processos convencionais pode ser considerada uma novidade no ramo, principalmente quando apresentam pontos positivos comparado ao processo convencional, tornando viável sua utilização como método alternativo.

No caso do alveijamento convencional com peróxido de hidrogênio pode ser utilizado um processo similar com o auxílio da luz ultravioleta durante o processo, o qual tem como função ativar o agente oxidante e, conseqüentemente, melhorar o grau de branco obtido. Afim de conhecer as variáveis que mais influenciam, é necessário avaliar os parâmetros que influenciam no processo, tais como o tempo, a concentração de H_2O_2 e a distância da amostra com a luz UV emitida.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Investigar a utilização da radiação ultravioleta no processo de alveijamento de fibras celulósicas, comparando com os processos convencionais.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de alcançar o objetivo exposto anteriormente, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Determinar os parâmetros a serem analisados no processo de alveijamento com radiação ultravioleta.
- Realizar um planejamento fatorial 2^3 .
- Analisar o grau de branco dos artigos alvejados com radiação ultravioleta.
- Avaliar os resultados obtidos a partir do alveijamento utilizando radiação ultravioleta com o processo de alveijamento convencionalmente utilizado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A INDÚSTRIA TÊXTIL

Representando um dos setores mais antigos, o setor têxtil tem grande importância na economia brasileira e internacional por ser um forte gerador de empregos, com grande volume de produção e exportações crescentes (FUJITA; JORENTE, 2015), sendo que este produz uma diversidade de produtos incluindo artigos de mesa, banho, cortinas, tapetes, vestuário, entre outros. Cada um destes produtos passa por processamentos distintos, gerando uma gama considerável de fluxos produtivos (FURLAN, 2008).

Dessa forma a cadeia produtiva têxtil inclui uma sequência de etapas operacionais a fim de produzir um determinado artigo têxtil. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma da cadeia produtiva têxtil.

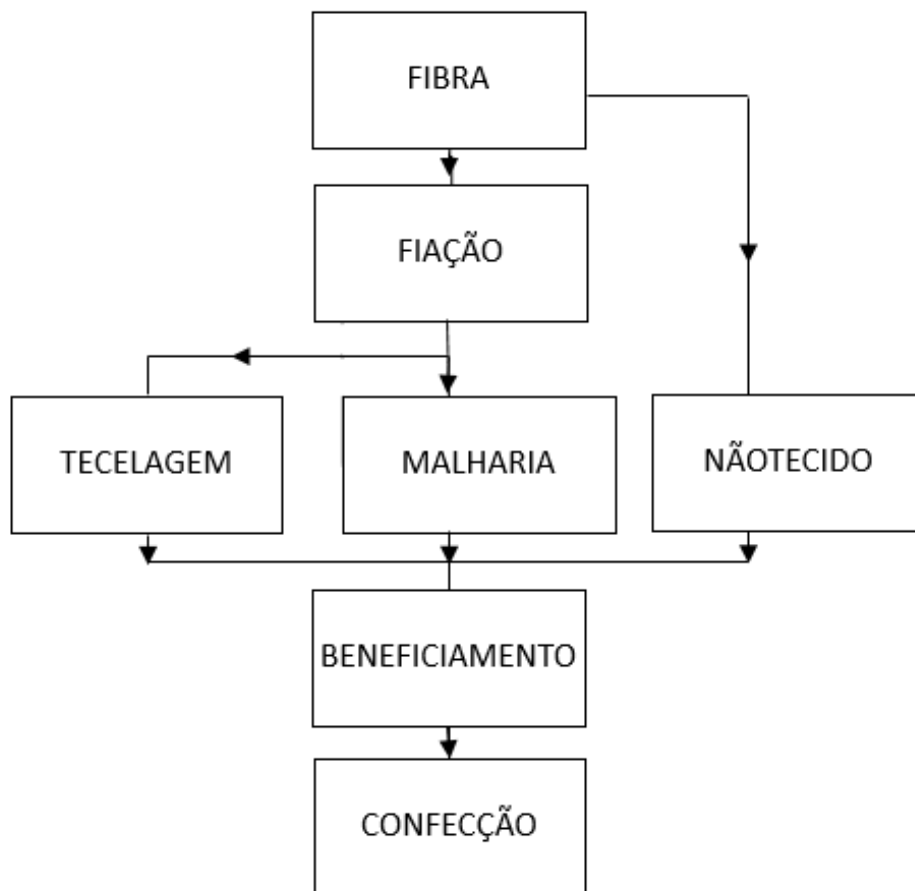


Figura 1 - Estrutura da cadeia produtiva têxtil
Fonte: Autora, 2019.

A produção no setor têxtil tem como matéria-prima inicial, as fibras, onde, no setor da fiação são transformadas em fios. As etapas seguintes, podem ser, a

tecelagem (formação de tecidos planos) que são confeccionados pelo entrelaçamento dos fios de trama (horizontal) e de urdume (vertical) ou a malharia (tecidos de malha), no qual o tecido é confeccionado a partir do entrelaçamento dos fios, por meio da formação de laçadas feitas pelas agulhas dos teares (SENAI, 2016).

Além dos tecidos citados anteriormente, existe também o nãotecido, o qual consiste em uma estrutura plana, constituída de manta de fibras ou filamentos, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) que têm como matéria-prima a fibra, e também podem passar pelas etapas de beneficiamento e confecção como os outros tecidos (LAVADO, 2012b).

Na sequência, os tecidos são usados como insumos para a etapa do beneficiamento/acabamento, a fim de melhorar suas características para etapas posteriores. A confecção é a última fase e recebe como matéria-prima os tecidos tratados, prontos para serem confeccionados e depois comercializados.

2.2. FIBRAS

As fibras têxteis são elementos filiformes caracterizados pela flexibilidade, finura e grande comprimento em relação à dimensão transversal máxima sendo aptas para aplicações têxteis, sendo que existem fibras descontínuas e contínuas. As primeiras possuem o comprimento limitado a alguns centímetros, enquanto as contínuas têm um comprimento muito grande, sendo esse comprimento limitado devido a razões de ordem técnica (LAVADO, 2013).

Alguns aspectos como toque e brilho, predominante em artigos têxteis, dependem da fibra utilizada no artigo, pois as cadeias moleculares e a morfologia da fibra definem suas características físicas predominantes (AGUIAR NETO, 1996). Por este motivo, a escolha da fibra a ser utilizada para cada produto a ser produzido é de suma importância, pois cada segmento de artigo têxtil tem uma finalidade a ser atendida.

As fibras têxteis podem ser divididas em dois grupos denominados fibras naturais e químicas. Alguns exemplos de fibras naturais: sendo seda e lã, fibras animais, algodão, linho, sisal e rami, fibras vegetais e amianto, fibra mineral. As fibras de origem química são produzidas a partir de processos industriais, podendo ser subdivididas em fibras artificiais, o qual possui em sua composição compostos naturais que passam por procedimentos químicos para se tornarem fibras, como exemplo estão a viscose, acetato e modal. Já as fibras sintéticas são feitas por meio de produtos químicos como

matéria-prima, sem participação de nenhum tipo de composto natural, sendo as fibras sintéticas mais conhecidas poliamida, poliéster, acrílico e elastano (AGUIAR NETO, 1996), essa divisão é apresentada na Figura 2.

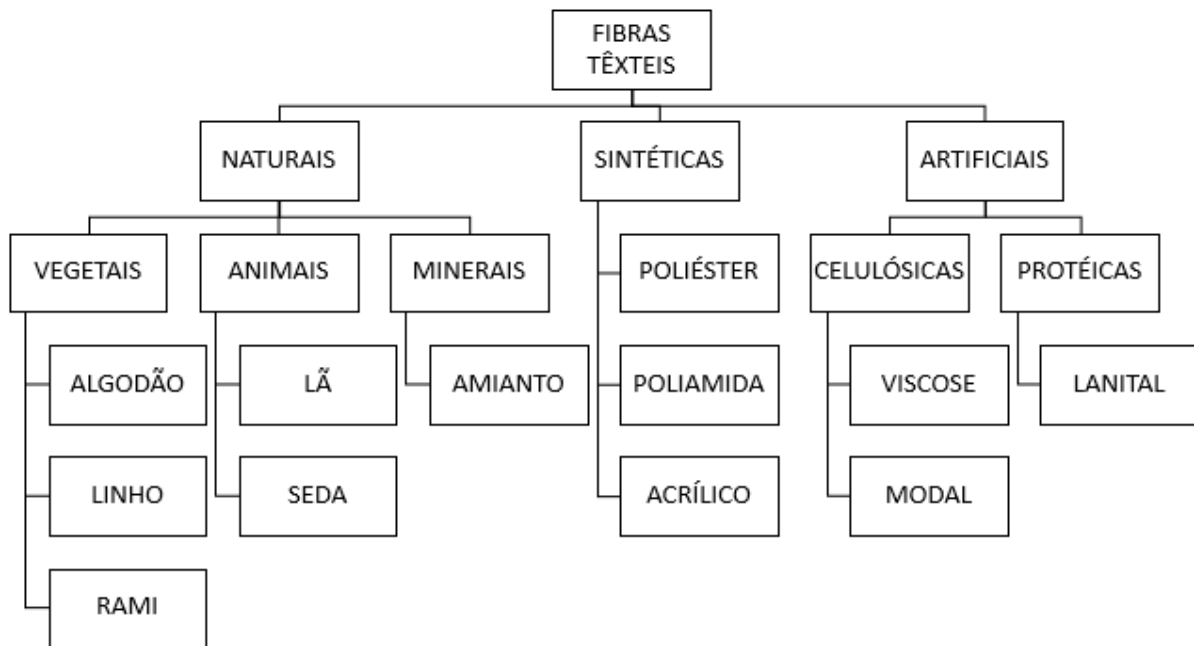


Figura 2 - Classificação das fibras têxteis
Fonte: Autora, 2019.

2.2.1. Fibra de algodão

A fibra de algodão é a mais pura fonte de celulose e a fibra natural mais significativa. Sua importância no mercado global é evidente pela sua participação (mais de 30%) (SANTOS et. al, 2017) entre fibras para vestuário e produtos têxteis. Tanto o valor de mercado como a qualidade dos produtos de algodão estão relacionados com a qualidade da fibra, a qual apresenta alta resistência devido à rigidez das cadeias celulósicas e à estrutura cristalina (GORDON; HSIEH, 2006), ela também resiste bem aos ácidos fracos e aos álcalis em geral, porém possui baixa resistência aos ácidos fortes (MORRISON; BOYD, 1990).

O algodão é composto quimicamente por 95% de celulose e algumas impurezas não celulósicas, tais como proteínas, aminoácidos, outros componentes nitrogenados, ceras, substâncias pécticas, ácidos orgânicos, açúcares, sais inorgânicos e uma pequena quantidade de pigmentos (LEWIN, 2007).

A fibra de algodão possui uma estrutura de camadas múltiplas que são quimicamente e estruturalmente diferentes. Esta estrutura é apresentada na Figura 3 e as camadas podem ser diferenciadas em cutícula, parede primária, parede

secundária e lúmen (MOJSOV, 2012).

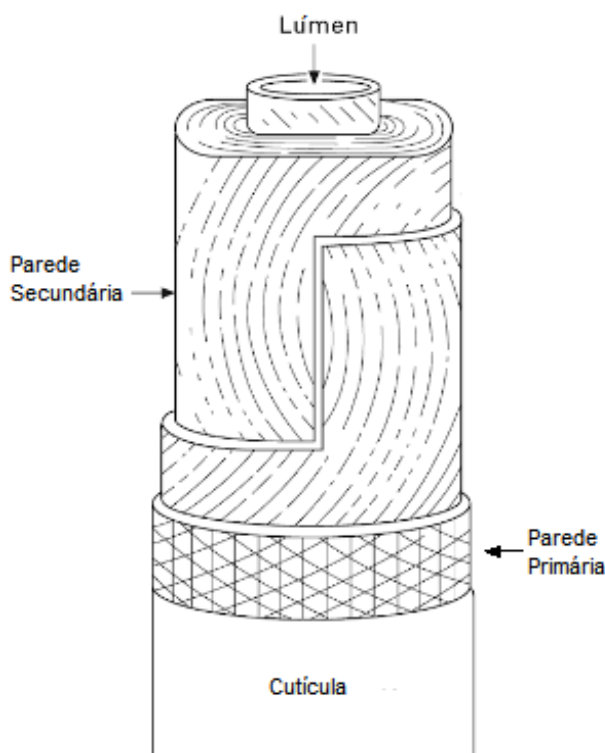


Figura 3 - Estrutura morfológica da fibra de algodão
Fonte: Adaptado de Gordon e Hsieh, 2006.

A cutícula é a camada mais externa da fibra, sendo constituída por componentes não celulósicos como ceras, gorduras, proteínas e pectinas (FURLAN, 2008), onde ceras e pectinas são responsáveis pelo caráter hidrofóbico do algodão cru que impede um tingimento uniforme e eficiente (LIN; HSIEH, 2001) e, por este motivo, a cutícula tem sua maior parte removida nos processos de purga e alvejamento (FURLAN, 2008).

A parede primária é responsável por manter a integridade da fibra e por boa parte da propriedade de resistência mecânica, pelo fato de apresentar uma rede de fibrilas de celulose (PICCOLI, 2014). Já a parede secundária é constituída basicamente por celulose e o lúmen apresenta-se sob a forma de um canal central das fibras e só pode ser observado em fibras de algodão muito maduras (SILVA, 2006).

Como todas as fibras naturais, o algodão apresenta alguns pigmentos naturais que o levam a ter uma cor amarronzada - amarelada. Essa coloração também pode vir de fatores ambientais como solo, poeira, insetos e outros. O processo de branqueamento é responsável pela remoção destes pigmentos para tornar o algodão mais branco (OLIVEIRA et. al, 2018).

2.3. BENEFICIAMENTO TÊXTIL

Beneficiamento têxtil, de um modo geral, pode ser definido como o processo que agrega várias etapas com a finalidade de melhorar as características dos tecidos, fibras e fios, conferindo aos tecidos particularidades únicas. É basicamente composto pelos processos de preparação, tingimento e acabamento (SILVA, 2005).

O beneficiamento primário, conhecido também como o processo de preparação, é entendido como conjunto de operações mecânicas, físicas, químicas, bioquímicas e físico-químicas, destinadas a eliminar as impurezas das fibras têxteis e prepará-las para o tingimento, estamparia e acabamento final (LAVADO, 2012a).

O objetivo de eliminar as impurezas dos substratos têxteis pode ser alcançado a partir da realização de alguns processos pertencentes do beneficiamento primário. Tais processos e suas finalidades são citados abaixo (SENAI, 2015a):

- Navalhagem: tem por função a eliminação das pontas de fibras salientes (fibrilas) que estão eriçadas na superfície do substrato têxtil, com a finalidade tornar a superfície do tecido mais lisa. A máquina é composta de cilindros com lâminas helicoidais cortantes, provido de uma faca que regula a altura do corte.
- Chamuscagem: tem por finalidade eliminar por queima as fibrilas que permaneçam eriçadas na superfície do fio ou tecido, o que lhe confere aspecto desuniforme e pode afetar a regularidade dos estampados e promover a formação de pilling.
- Desengomagem: esse processo visa a retirada da goma que é aplicada nos fios de urdume, para aumentar a eficiência no processo de tecelagem.
- Purga: essa operação tem como objetivo retirar impurezas como gorduras, ceras e óleos naturais ou sintéticos presentes na fibra, as quais dão características hidrófobas ao substrato.
- Mercerização: operação exclusiva para as fibras de CO (algodão), esses processos consistem em tratar o substrato com lixívia de soda cáustica e têm como finalidade alterar a morfologia e propiciar efeitos como brilho, maior estabilidade dimensional, maior absorção de corantes, entre outros.
- Alvejamento: esse processo tem como objetivo tornar branco o substrato têxtil degradando a matéria do corante a partir de reações químicas.

No beneficiamento primário todos os tecidos passam em algum dos processos citados acima com o objetivo de agregar valor a peça, sendo que em um tecido

composto de algodão é necessária a realização da chamoscagem, da desengomagem, da purga, do alvejamento e da mercerização.

2.3.1 Alvejamento

Por sua vez, alvejar significa tornar alvo ou branco. Trata-se do branqueamento do substrato em diversos graus ou níveis de alvejamento, desde que isso não implique a perda sensível de resistência do material. Esse processo pode ser realizado por meio de oxidação (utilizando peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio ou clorito de sódio) ou por redução (utilizando o hidrossulfito de sódio) (SENAI, 2015a).

Segundo Lavado (2012b), o agente mais utilizado para no processo de alvejamento é o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), sendo que este é mais adequado que o hipoclorito de sódio, devido apresentar um menor impacto sobre o meio ambiente, além dos efluentes poderem ser descontaminados com operações simples.

O branqueamento do tecido utilizando o peróxido de hidrogênio ocorre com a liberação de ânions (HOO^-) a partir de uma solução alcalina de H_2O_2 . Esse ânion HOO^- tem como função destruir os corantes naturais do algodão, sendo que sua quantidade na solução aumenta na medida que a quantidade de álcali forte é adicionada (PENG, et. al, 2018). A dissociação do peróxido de hidrogênio em um banho de alvejamento alcalino, ocorre como na Reação 1, segundo Oliveira et. al (2018):



Contudo, nos processos de alvejamento é fundamental que o peróxido de hidrogênio apresente estabilidade nas soluções para que não haja ataque à celulose e baixo rendimento do branqueamento obtido. Para isso, utiliza-se estabilizadores no processo a fim de corrigir tais problemas da solução e evitar danos catalíticos. Os estabilizadores podem ser divididos em dois grupos, os orgânicos (glucanatos, compostos fosfônicos e derivados de aminopolicarboxílico) e os inorgânicos (fosfatos e silicatos), sendo que o silicato é o mais utilizado com peróxido de hidrogênio em fibras de algodão (KARMAKAR, 1999).

O processo de alvejamento é influenciado e controlado por alguns parâmetros, entre eles (EREN, 2018):

- Concentração de agente oxidante: quanto maior a concentração de H_2O_2 no processo, maior é o grau de branco obtido no final das amostras;
- Temperatura: conforme há um aumento na temperatura do processo, maior

a cinética do alvejamento, pelo fato da temperatura ser um ativador do agente alvejante;

- Tempo: varia de acordo com a temperatura do processo, ou seja, se a temperatura é alta, o tempo para obtenção de determinado grau de branco ideal é pequeno. Caso contrário, se a temperatura do processo seja baixa, o tempo de processamento será maior, até que o grau de branco seja adquirido;

De acordo com Inamdar et. al (2017), o índice de brancura aumenta com o aumento da concentração de peróxido de hidrogênio na solução do processo de alvejamento e isso se deve ao efeito do H_2O_2 apresentar-se mais ativo, entrando nas fibras e atacando o corante natural do algodão de forma eficaz. Além disso, os autores observaram que quanto maior a concentração de H_2O_2 , maior é a perda de peso do substrato têxtil (devido à alta remoção de não-celulósicos da fibra) e menor é a sua resistência à tração.

Com base no método de alvejamento convencional, existem estudos que colaboram para o avanço de um novo método para este processo, que tem como resultado o branqueamento de tecidos por meio da utilização da fotoativação do H_2O_2 utilizando a radiação UV (OLIVEIRA et. al, 2018).

Eren (2018) relatou que a energia da lâmpada UV desempenha um importante papel no processo, pois a lâmpada com maior intensidade de irradiação UV permite obter melhores resultados de grau de branco. Contudo, a intensidade da irradiação UV sobre a superfície da amostra é mais importante do que a potência emitida pela lâmpada UV, pois a intensidade da irradiação pode variar de acordo com a distância da lâmpada com o tecido e com a posição da amostra.

Mansuri et. al (2011) observaram que a irradiação UV não atua isoladamente como um agente clareador de tecidos, mas sim como ativador da solução de alvejamento presente no banho. Além disso, os autores notaram que as amostras alvejadas utilizando radiação UV exibiram brancura aceitável, o que poderia estar relacionado ao efeito da fonte de energia, pois a luz UV cria uma radical hidroxila, que é pequeno e altamente reativo, podendo ser um grande contribuinte para o processo de oxidação no alvejamento.

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de novas metodologias contribui com o avanço da tecnologia, podendo ser alternativas viáveis devido a possibilidade de oferecerem melhorias para

o processo convencional. Desta forma, o alvejamento com peróxido de hidrogênio utilizando luz UV pode ser utilizado visando a melhoria do processo convencional. Contudo, é de suma importância haver um estudo avaliando a influência de parâmetros de processo no grau de branco obtido a fim de realizar uma comparação de resultados entre os dois processos.

Dessa forma, o trabalho pretende investigar a utilização da radiação ultravioleta no processo de alvejamento de fibras celulósicas, analisando a influência de parâmetros (tempo, concentração de H_2O_2 e distância entre a amostra e a luz UV) no grau de branco, além de realizar uma análise dos resultados com os dados do alvejamento convencional com peróxido de hidrogênio.

3. METODOLOGIA

3.1. MATERIAIS

Para a realização dos experimentos foram utilizadas amostras de tecido de malha com composição 100% algodão, dimensões de 6 x 6 cm, gramatura de 172,9 g.m⁻² e densidade de 14 colunas por 21 carreiras, fornecida pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os experimentos foram realizados na UTFPR – campus Apucarana, onde os principais materiais utilizados foram o peróxido de hidrogênio, hidróxido de sódio, enzimas Biokey BSPG e outros materiais de grau analíticos.

3.2 PURGA ENZIMÁTICA

A malha a ser utilizada foi previamente purgada antes de realizar o processo de alveamento nas amostras, com o objetivo de remover as impurezas da fibra e torná-la mais hidrofílica. O processo de purga enzimática foi realizado em um equipamento para processos por esgotamento (KIMAK AT1-SW), onde o tecido foi purgado utilizando uma solução baseada na receita apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Receita da purga enzimática.

Enzimas Biokey BSPG (Akmey)	3% spm
Umectante (Tremembé)	1 mL.L ⁻¹
Relação de banho (RB)	1:20
Temperatura do processo	50°C
Tempo do processo	30 minutos

Fonte: Autora, 2019.

Após esse processo a amostra passou por uma lavagem a quente a 80°C durante 15 minutos, com a finalidade de inativar a enzima que ainda se encontra presente na superfície do tecido. Em seguida a amostra foi enxaguada e seca em temperatura ambiente.

3.3 ALVEJAMENTO

Com o objetivo de comparar os resultados do alveamento convencional com o alveamento com o auxílio da luz UV, utilizou-se a mesma receita para ambos os processos, a receita é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Receita para ambos os alvejamentos.

Peróxido de hidrogênio (Anidrol – 130vol. 35%)	6 mL.L ⁻¹ / 15 mL.L ⁻¹
Hidróxido de sódio (Alphatec)	5 g.L ⁻¹
Detergente umectante (Tremembé)	1 mL.L ⁻¹
Estabilizador (Tremembé)	3 g.L ⁻¹
Relação de banho (RB)	1:300

Fonte: Autora, 2019.

3.3.1 Alvejamento com radiação ultravioleta

Para a realização do processo de alvejamento com luz UV foi utilizada a metodologia adaptada de Eren (2018). Assim, esse processo foi realizado em um reator de foto-oxidação com potência de 60W, composto por 4 lâmpadas de 15W cada (253,7 nm). O tecido de malha foi colocado em uma solução de alvejamento dentro de um béquer, que continha a receita apresentada no tópico anterior, no Quadro 2.

Assim, o béquer com a solução e com a amostra emergida, foi mantido em agitação por um tempo, concentração de H₂O₂ e distância da emissão da luz UV pré-determinados, por meio de um agitador magnético. Depois do processo de alvejamento a solução do banho foi descartada e o tecido foi enxaguado em água corrente. Após isso o tecido foi seco em temperatura ambiente. Na Figura 4 é representado o esquema do reator utilizado no experimento.

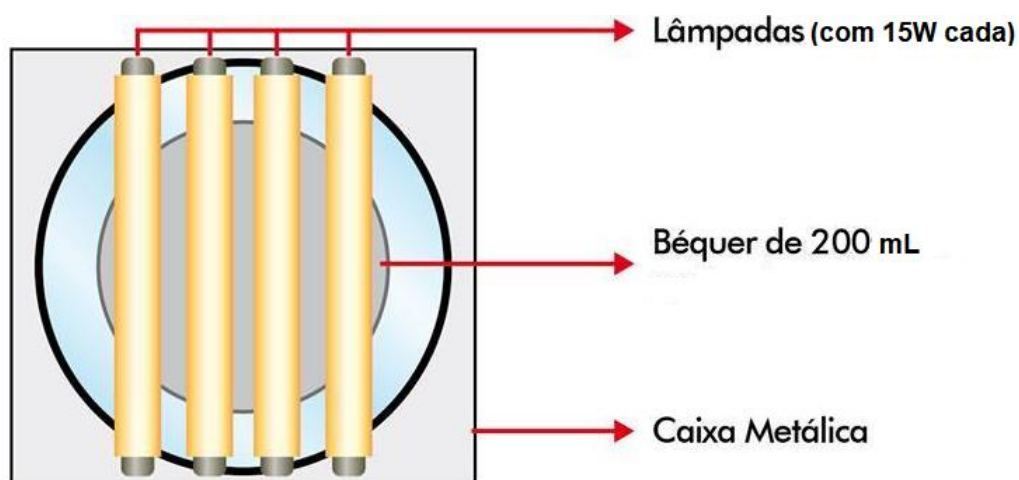


Figura 4 - Esquema do reator.
Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2017.

Para verificar as melhores condições do alvejamento como a distância da amostra com a lâmpada que emite raios UV, tempo e concentração de H₂O₂ foi adotado o planejamento fatorial 2³ completo, composto de oito ensaios, realizados em duplicata. No planejamento fatorial a variável resposta adotada foi o grau de alvura

obtido a partir do alvejamento realizado nas amostras. No Quadro 3 são apresentadas as variáveis e níveis para o alvejamento.

Quadro 3 - Planejamento fatorial para o alvejamento com luz UV.

Variáveis	Níveis	
	-1	+1
Distância entre a amostra e a luz UV (cm)	35	45
Tempo (min)	60	90
Concentração de H ₂ O ₂ (mL.L ⁻¹)	6	15

Fonte: Autora, 2019.

Para determinar todas as possíveis combinações dos níveis dos fatores em cada ensaio, bem como para facilitar a realização dos cálculos e análise de variância (ANOVA), utilizou-se o *software* Design-Expert, versão 7.0.

3.3.2 Alvejamento convencional

Este processo foi realizado em um béquer envolvido por papel alumínio com o objetivo de evitar qualquer incidência de luz sobre a solução, sobre um agitador magnético, onde o tecido de malha foi alvejado em uma solução contendo a receita apresentada no tópico anterior, no Quadro 2.

A amostra da malha foi inserida no béquer juntamente com os reagentes e após isso, foi iniciada a agitação, com um tempo de processo pré-determinado. Depois, o conteúdo do banho foi descartado e o tecido de malha passou por um enxágue com água corrente. Em seguida, o tecido foi seco em temperatura ambiente. No final foi analisado o grau de alvura da amostra a fim de realizar uma comparação com os dados obtidos para o alvejamento com a emissão dos raios ultravioleta.

3.4 ANÁLISE DO GRAU DE ALVURA

Após a realização dos processos de alvejamento, as amostras secas foram submetidas a análise do grau de alvura utilizando o espectrofotômetro modelo Delta Vista 450 G, marca Delta Calor. Para isto, as amostras foram dobradas em duas partes e, então, foi medido o grau de alvura em três pontos do tecido e, depois, foi determinado um valor médio para cada amostra analisada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. AVALIAÇÃO DO PLANEJAMENTO FATORIAL 2³

No Quadro 5 são apresentados os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados de acordo com o planejamento fatorial 2³, nele estão dispostos os valores de grau de alvura de cada amostra analisada para cada replicata do experimento e também a média dos resultados das duas replicatas.

Quadro 4 – Valores dos graus de alvura de cada amostra e a média das replicatas.

Ensaio	A – Distância (cm)	B – Concentração (mL.L ⁻¹)	C – Tempo (min)	Replicata 1 (CIE)	Replicata 2 (CIE)	Média (CIE)
1	35	6	60	61,51	61,17	61,6
2	45	6	60	58,93	58,59	58,76
3	35	15	60	62,2	62,7	62,45
4	45	15	60	60,32	60,63	60,47
5	35	6	90	64,39	64,62	64,5
6	45	6	90	60,55	60,81	60,68
7	35	15	90	64,99	65,76	65,37
8	45	15	90	61,79	61,73	61,76

Fonte: Autora, 2019.

De acordo com os dados apresentados, é possível analisar que o Ensaio 7 apresentou o melhor grau de alvura, no qual foi utilizado a concentração de 15mL.L⁻¹ de peróxido de hidrogênio, com distância de 35 cm da luz UV e com duração de 90 minutos. Baseando-se nos resultados do estudo de Eren (2018) era esperado que o experimento que utilizasse uma menor distância da luz UV com a amostra e uma maior concentração de H₂O₂ apresentaria um melhor resultado de grau de branco, pelo fato da radiação ultravioleta ativar o H₂O₂, ou seja, quanto mais perto a luz UV estiver da amostra, maiores as incidências de raios UV atuando sobre a solução alvejante. Assim, a atuação conjunta da alta incidência de raios ultravioletas, uma maior concentração de H₂O₂ e um maior tempo de processamento, pode ter gerado uma maior liberação do ânion HOO⁻, o qual é responsável pela destruição de coloração natural do algodão, resultando em uma amostra final mais branca comparada às outras.

Com base nesse mesmo princípio, já era esperado que o Ensaio 2 apresentasse o menor grau de branco entre todos os experimentos realizados, pois nesse ensaio

utilizou-se a maior distância da amostra com a luz UV, uma menor concentração de H_2O_2 e menor tempo de processamento, experimento totalmente contrário ao Ensaio 7, podendo não ter liberado a quantidade do ânion HOO^- suficiente para alcançar um bom resultado de grau de branco.

Ainda em análise ao Quadro 5 é possível ver que o segundo maior grau de branco obtido foi do ensaio 5, e em comparação ao ensaio 7 nota-se que a única variável com diferente valor foi a de concentração de peróxido de hidrogênio. Pelo fato de apresentar uma grande diferença de concentração entre os dois ensaios, esperava-se melhores resultados de grau de branco no ensaio 7 em comparação com o ensaio 5. Com base nisso, pode-se dizer que a concentração de peróxido de hidrogênio não apresentou tanta influência na variável resposta.

No Quadro 6 é apresentado o principal efeito das variáveis em relação ao grau de alvura, bem como o percentual de contribuição de cada fator para a variável resposta, obtidos por meio do *software* Design-Expert 7.0.

Quadro 5 - Efeito e contribuição.

Termo	Efeito	Soma dos Quadrados	% de contribuição
A – Distância	-3	35,97	54,18
B – Concentração	1,19	5,70	8,59
C – Tempo	2,32	21,60	32,53
AB	0,20	0,17	0,25
AC	-0,72	2,08	3,13
BC	-0,22	0,19	0,29

Fonte: Autora, 2019.

Como pode ser observado, a distância de luz UV com a amostra foi o parâmetro que apresentou maior contribuição para o aumento da variável resposta, com 54,18% de contribuição para alcançar o melhor grau de branco nas amostras, seguido do segundo parâmetro que mais contribuiu, o tempo, com 32,53%, têm grande efeito significativo na variável resposta.

O valor negativo para os efeitos, observados no Quadro 6, indicam que com a diminuição do mesmo há um aumento da variável resposta. Desta forma, nota-se que a distância teve influência inversamente proporcional ao grau de alvura, ou seja, quanto menor foi a distância utilizada, maior foi o grau de branco obtido. Os efeitos de interação AC e BC também apresentaram efeito negativo. Já os efeitos positivos das

variáveis concentração de peróxido de hidrogênio, tempo e o fator de interação AB, indicam que seu aumento resulta em um melhor grau de branco.

A verificação dos efeitos que foram significativos para a variável resposta baseou-se na análise do gráfico de probabilidade normal, plotado pelo *software* Design-Expert 7.0, apresentado na Figura 5. Nesse mesmo gráfico, fez-se a seleção dos efeitos para realizar a análise de variância (ANOVA). De modo geral, os valores mais distantes da reta apresentam efeitos significativos (distância e tempo) e os valores mais próximos ou até sobrepostos à reta são considerados não significativos. Assim, com base na análise do gráfico, nota-se que os efeitos A, B, C e AC indicam ser significativos. Já os efeitos de interação AB e BC indicam não serem significativos, pois estão quase sobrepostos à reta.

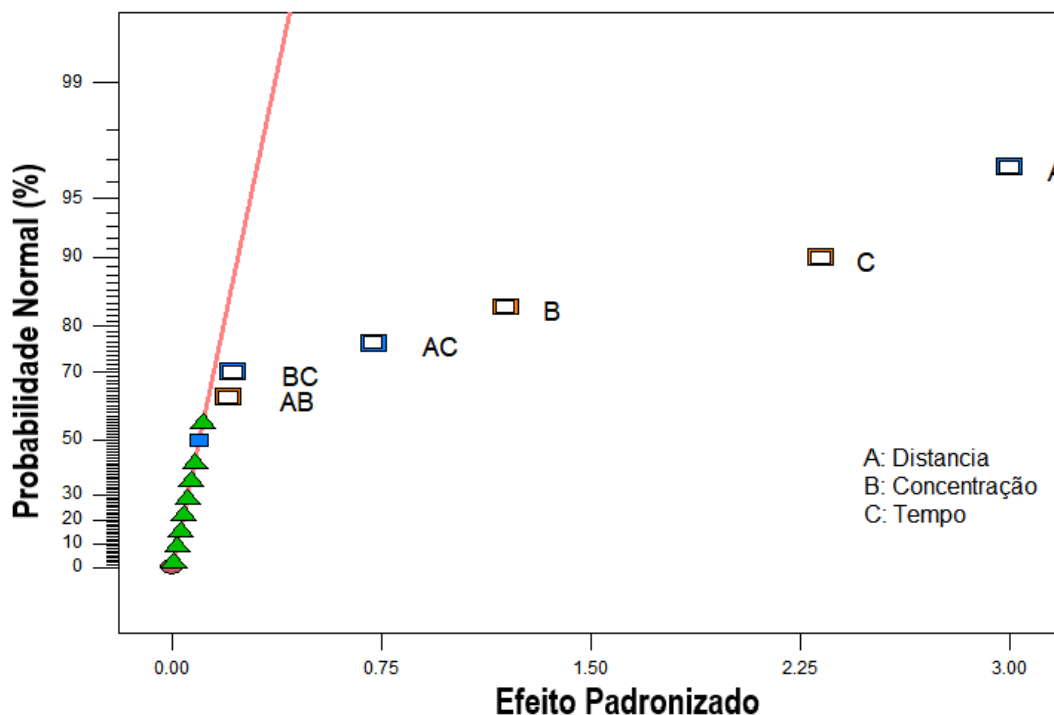


Figura 5 - Gráfico de probabilidade normal dos efeitos.
Fonte: Autora, 2019.

Baseando-se nos valores de grau de alvura apresentados anteriormente no Quadro 6 e com o auxílio do *software* Design-Expert 7.0 foi possível verificar se houve diferença significativa entre os níveis dos fatores a partir da análise de variância (ANOVA). Os dados são apresentados no Quadro 7.

A análise realizada sobre os resultados baseia-se no valor-p, sendo que se seu valor for menor que 0,05 então o efeito é considerado significativo sobre a variável resposta. Assim, analisando o Quadro 7, nota-se que o modelo proposto é considerado significativo. Já o valor para a falta de ajuste apresentou-se não

significativo, ou seja, os dados se adequaram ao modelo adotado. Em relação à análise dos fatores, confirma-se o que já foi discutido anteriormente, que todos os efeitos principais foram significativos para a variável resposta e, entre os efeitos de interação, apenas a interação das variáveis AC resultou em um efeito significativo, uma vez que todos esses fatores citados apresentaram valor-p < 0,05.

Quadro 6 – Influência dos parâmetros para a variável resposta para o alveijamento com radiação UV (ANOVA).

Termos	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	Valor F	Valor - p
Modelo	65,71	6	10,95	143,64	<0,0001
A – Distância	35,97	1	35,97	471,80	<0,0001
B – Concentração	5,70	1	5,70	74,77	<0,0001
C – Tempo	21,60	1	21,60	283,31	<0,0001
Interação AB	0,17	1	0,17	2,18	0,1741
Interação AC	2,08	1	2,08	27,29	0,0005
Interação BC	0,19	1	0,19	2,51	0,1475
Falta de Ajuste	0,039	1	0,039	0,48	0,5071
Erro Puro	0,65	8	0,081	-	-
Total	66,39	15	-	-	-

Fonte: Autora, 2019.

Finalizada a análise de variância, obteve-se a equação dos fatores e seu coeficiente de correlação R^2 , apresentado no Quadro 8.

Quadro 7 - Equação do modelo estatístico obtido para o grau de alvura das amostras.

Modelo	Equação	R^2
Grau de alvura	$q = 61,92 - 1,50A + 1,60B + 1,16C$	0,9897

Fonte: Autora, 2019.

O valor de R^2 mostrou que os ajustes do modelo foram de boa qualidade, pois indica que 98,97% da variabilidade das repostas podem ser explicadas pelo modelo.

A partir dos modelos, foram construídas as curvas de superfície de resposta para o grau de alvura, para que fossem avaliadas as condições em que, possivelmente, serão obtidas as melhores condições de alveijamento. Cada gráfico foi construído levando em consideração ponto central do terceiro parâmetro.

Na Figura 6 é apresentado o gráfico da superfície de resposta para o grau de

alvura das amostras de malha de algodão relacionando a distância do béquer com a luz UV e a concentração de H_2O_2 . Pode-se notar que há um aumento da intensidade do grau de branco com a diminuição da distância e o aumento da concentração de peróxido de hidrogênio na solução alvejante. Como discutido anteriormente, esse aumento do grau de branco, em relação à distância, se dá pelo fato da radiação ultravioleta ativar o agente oxidante utilizado, o H_2O_2 , assim quanto mais perto da luz UV estiver o béquer com a solução alvejante e a amostra, maior será o grau de alvura obtido na amostra.

Estes resultados estão de acordo com o estudo apresentado por Tang e Sun (2016), que realizaram o alvejamento em tecido de algodão utilizando a emissão de radiação UV, e também observaram que quanto mais altas as incidências dos raios sobre a amostras, melhores foram os resultados do grau de branco do tecido. De acordo com os autores, isto ocorre devido à geração de radicais hidroxilas, geradas a partir da foto-oxidação do peróxido de hidrogênio por meio da radiação UV emitida. Além disso, outro fator que contribui é a concentração de peróxido de hidrogênio presente na solução alvejante, pois quanto maior for a sua concentração, maior será a oxidação dessas radicais hidroxilas resultando numa maior quebra do corante natural presente na fibra de algodão.

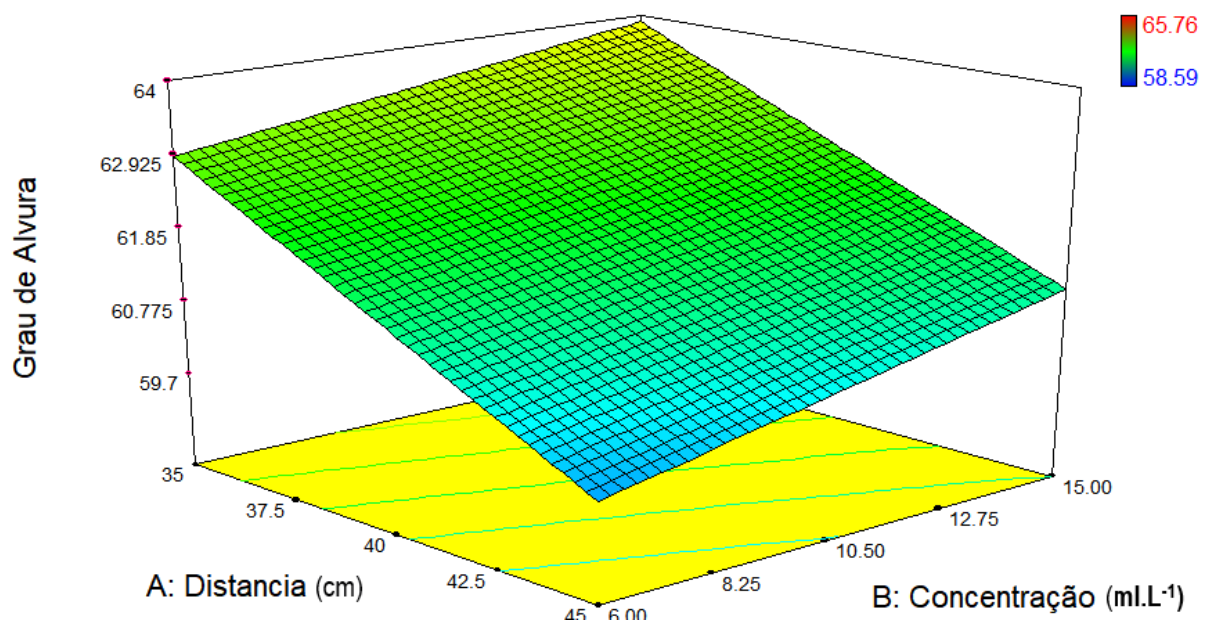


Figura 6 - Gráfico de superfície plana de resposta para o grau de alvura das amostras de malha de algodão relacionando a distância com a luz UV e a concentração de H_2O_2 .
Fonte: Autora, 2019.

Já na Figura 7 o gráfico da superfície de resposta relaciona a distância da amostra com a luz UV com o tempo de processo. Nota-se que há um aumento da

intensidade do grau de branco com a diminuição da distância e o aumento do tempo de experimento. Oliveira et. al. (2018) mostrou que a diminuição da distância com o aumento do tempo de processo resulta em um maior grau de branco na amostra, pelo fato de haver um tempo maior para a realização da foto-oxidação do peróxido de hidrogênio. Com isso, haverá a geração de mais radicais hidroxilas na solução, contribuindo com a degradação do corante natural presente na fibra de algodão.

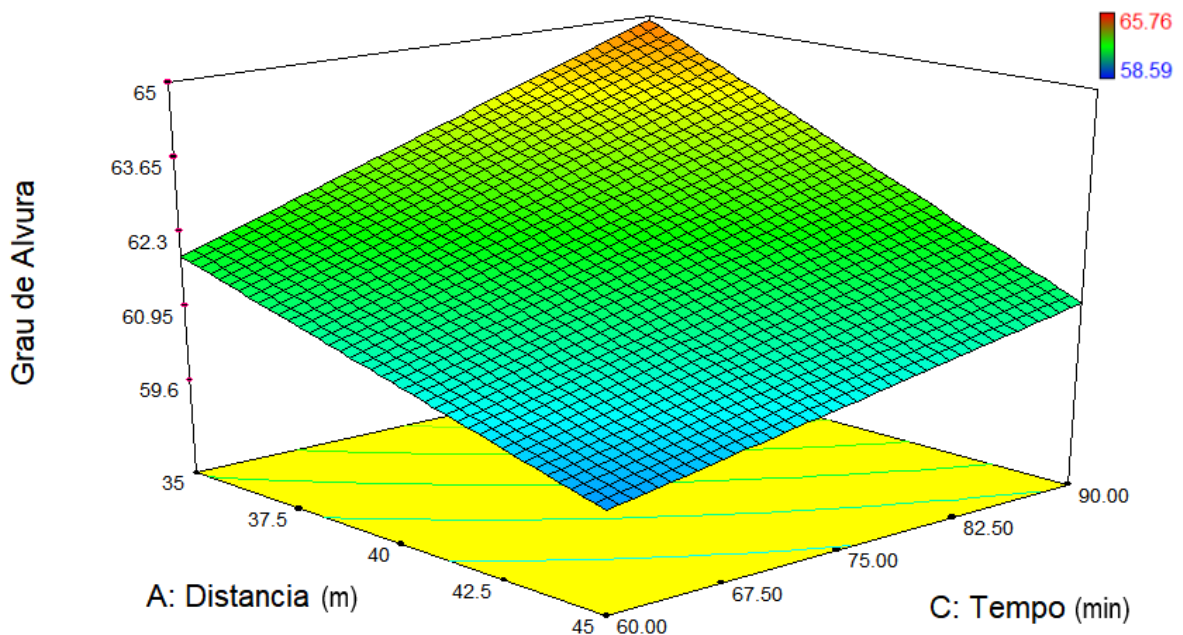


Figura 7 - Gráfico de superfície plana de resposta para o grau de alvura das amostras de malha de algodão relacionando a distância com a luz UV e o tempo.

Fonte: Autora, 2019.

Como apresentado nos gráficos anteriores, a Figura 8 também mostra a superfície de resposta do grau de branco das amostras relacionando as variáveis de concentração de peróxido de hidrogênio presente na solução de alveamento com o tempo de processo. Analisando este gráfico é possível ver que quanto maior a concentração de peróxido de hidrogênio e maior o tempo, maior é o grau de branco obtido nas amostras. Como já discutido anteriormente, o maior tempo de foto-oxidação realizada pela luz UV sobre a solução alvejante, resulta numa maior liberação de radicais hidroxilas, os quais são responsáveis pela quebra do corante natural presente na fibra de algodão, então, quanto maior for a sua quantidade dentro da solução alvejante maior será a quebra do corante natural, resultando em um bom grau de branco na amostra final.

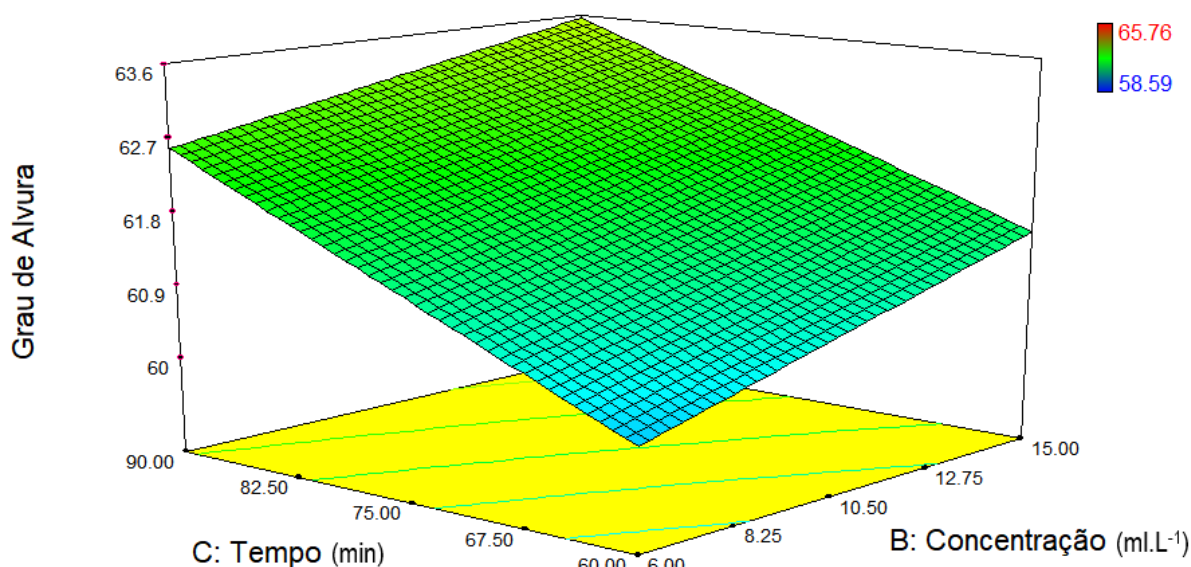


Figura 8 - Gráfico de superfície plana de resposta para o grau de alvura das amostras de malha de algodão relacionando a concentração de H_2O_2 e o tempo.

Fonte: Autora, 2019.

Além do alvejamento com o auxílio da radiação ultravioleta, neste trabalho também foi realizado alguns experimentos de alvejamento sem a interferência de qualquer luz, com a finalidade de comparar os resultados de ambos os processos. No Quadro 9 é apresentado o grau de alvura das amostras que foram alvejadas dentro de um béquer totalmente envolvido por papel alumínio.

Quadro 8 - Resultados de Grau de Alvura dos experimentos realizados sem interferência de luz.

Ensaio	Concentração de H_2O_2	Tempo (min)	Grau de Alvura
1	6 mL.L ⁻¹	60	60,45
2	15 mL.L ⁻¹	60	61,74
3	6 mL.L ⁻¹	90	60,58
4	15 mL.L ⁻¹	90	63,37

Fonte: Autora, 2019.

Comparando os dados apresentados do Quadro 9 com os dados do Quadro 5, o qual apresentou os valores do grau de alvura das amostras alvejadas com o auxílio da luz UV, é possível verificar que a luz UV possibilitou um aumento no grau de alvura da amostra, pois os ensaios que foram realizados com a menor distância entre as lâmpadas (Quadro 5, ensaios: 1, 3, 5 e 7) e a amostra resultaram em um grau de branco ligeiramente maior que os ensaios realizados sem a interferência da luz UV.

Assim, de acordo com os resultados obtidos, a utilização da radiação ultravioleta pode contribuir no processo de alvejamento, dependendo da sua distância com a

solução alvejante e do tempo de processo. Contudo, no presente trabalho, todos os resultados foram obtidos sem a utilização de temperatura e caso a adicione no processo como mais um parâmetro a ser analisado, os resultados poderiam ser ainda melhores.

5. CONCLUSÃO

A utilização do planejamento fatorial 2^3 mostrou-se eficiente para a análise dos parâmetros adotados para o estudo. Neste trabalho foi realizado o alvejamento convencional sem a interferência de luz e o alvejamento com o auxílio da luz UV, e por meio dos valores de grau de alvura obtidos foi possível comparar o resultado de ambos os processos. Com base nessa comparação verificou-se que a radiação ultravioleta se mostrou efetiva na variável resposta, caso a distância em que as lâmpadas UV se encontram da solução alvejante seja pequena, como a distância de 35cm que apresentou os melhores resultados neste trabalho, e do tempo de processo.

Fundamentando-se nos resultados, conclui-se que a emissão de luzes UV podem contribuir no alvejamento de malha de algodão foto-oxidando o peróxido de hidrogênio, podendo ser uma alternativa viável para o auxílio no processo convencional. Pois, com base nos experimentos realizados foi possível ver que os parâmetros que mais influenciaram na variável resposta foram a distância com a luz UV e o tempo, e pode-se dizer também que a utilização da radiação ultravioleta no processo mostrou-se efetiva pois em comparação com os resultados do alvejamento convencional apresentou melhores grau de branco.

O estudo pode ter continuidade com o objetivo de investigar a perda de resistência das amostras que passam pelo alvejamento com radiação UV e, também, é possível realizar um alvejamento com luz UV adotando mais um parâmetro a ser analisado, como a temperatura, sendo capaz de obter resultados de grau de branco ainda melhores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETO, Pedro Pita. **Fibras Têxteis**. v. 1, Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT, 1996.

COSTA, A. B.; CONTE, N. C.; CONTE, V. C. **A China na cadeia têxtil – vestuário: impactos após a abertura do comércio brasileiro ao mercado mundial e do final dos Acordos Multifibras (AMV) e Têxtil Vestuário (ATV)**. Ano 19, n. 40, p. 9-44. Teoria e Evidência Econômica, jan./jun. 2013.

EREN, Semiha. **Photocatalytic hydrogen peroxide bleaching of cotton**. Turkey: CrossMark - Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature 2018, 3 May 2018.

FURLAN, F. R. **Avaliação da Eficiência do Processo de Coagulação, Floculação e Adsorção no Tratamento de Efluentes Têxteis**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FUJITA, Renata Mayumi Lopes; JORENTE, Maria José. **A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural**. Revista Moda Palavra e-Periódico vol.8, n.15, jan./jul.2015.

GORDON, S.; HSIEH, Y. L. **Cotton: science and technology**. Wooghead publishing, 2006.

INAMDAR, Umarsharif Y.; PERVEZ, Md. Nahid; NAVIK, Rahul G.; PENG, Xiongyi; CAI, Yingjie. **Low-temperature bleaching of cotton fabric by activated peroxide system**. ICE (Institution os Civil Engineers), Emerging Materials Research, Volume 6, Issue EMR2, 2017.

KARMAKAR, S.R. **Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles**. Elsevier Science - Vol. 12, 1^a ed., 1999.

LAVADO, F. E. Lockuán. **La Industria Textil y su Control de Calidad**. Vol. V – 2012a.

LAVADO, F. E. Lockuán. **La Industria Textil y su Control de Calidad**. Vol. IV - 2012b.

LAVADO, F. E. Lockuán. **La Industria Textil y su Control de Calidad**. Vol. II – 2013.

LEWIN, M. **Handbook of Chemistry Fiber**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, p. 1052, 2007.

LIN, C. H.; HSIEH, Y. L.. **Direct Scouring of Greige Cotton Fabrics with Proteases**. Textile Research Journal, v. 71, n. 5, p.425-434, 2001.

- MANSURI, A. H.; KHODDAMI, A. **Using ultraviolet radiation for the bleaching and pilling reduction of knitted cotton fabric.** *Fibres Text East Eur* 19(3):86, 2011.
- MOJSOV, K. **Enzyme Scouring of Cotton Fabrics: A Review.** *International Journal Of Marketing And Technology, S. L.*, v. 2, n. 9, p.256-275, 2012.
- MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Química Orgânica.** 5. Ed. Naucalpan de Juarez: Addison Wesley, 1990.
- OLIVEIRA, Bruno P.; MORIYAMA, Lilian T.; BAGNATO, Vanderlei S. **Colorimetric Analysis os Cotton Textile Bleaching through H₂O₂ Activated by UV Light.** *J. Braz. Chem. Soc.* , Vol. 29, No. 6 - 2018, Sociedade Brasileira de Química.
- PENG, Minghua; WU, Shouying; DU, Jinmei; SUN, Chang; ZHOU, Change; XU, Changhai; HU, Xiaolin. **Establishing a Rapid Pad-Steam Process for Bleaching of Cotton Fabric with an Activated Peroxide System.** *ACS (American Chemical Society) Sustainable Chem. Eng.* 2018, 6.
- PICCOLI, Heiderose Herpich. **PROCESSO DE ALVEJAMENTO DE TECIDO DE MALHA DE ALGODÃO UTILIZANDO OZÔNIO COM BAIXO CONSUMO DE ÁGUA.** Florianópolis, 2014.
- RIBEIRO, V. A. S.; UEDA, A. C. **Comparative of the efficiency of the jeans laundry effluent treatment using POA with suspended and immobilized catalyst.** Medellín, Colômbia – CIPOA, 2017.
- SANTOS, Marcela Olegário; SILVA, Orlando Monteiro; ALMEIDA, Fernanda Maria. **UMA ANÁLISE DAS RESTRIÇÕES COMERCIAIS NO MERCADO INTERNACIONAL DE ALGODÃO.** *Revista de Estudos Sociais | Ano 2017, N. 38, V. 19, Pag. 67.*
- SENAI, Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial. **Beneficiamento Têxtil.** 1ª Edição. São Paulo- Editora SENAI, 2015a.
- SENAI, Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial. **Processos Produtivos Têxteis.** 1ª Edição. São Paulo – Editora SENAI, 2016.
- SILVA, G. L. **Redução de corante em efluente de processos de tingimento de lavanderias industriais por adsorção em argila.** 116f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- SILVA, R. **Tratamento de Fibras Têxteis com Ultra-Sons e Enzimas.** 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Minho, Braga, 2006.
- TANG, P.; JI, B.; SUN, G. **Whiteness improvement of citric acid crosslinked cotton**

fabrics: H₂O₂ bleaching under alkaline condition. Carbohydrate Polymers, 147, 139-145, 2016.