

Estudo e avaliação dos riscos em um laboratório de celulose e papel

Study and risk assessment in a pulp and paper laboratory

¹ Eraldo Antonio Bonfatti Júnior, ² Elaine Cristina Lengowski, ³ Daniel Ippolito Pelufo

¹ Doutor em Engenharia Florestal, Professor do Departamento de Tecnologia e Engenharia Florestal da Universidade Federal do Parara (bonfattieraldo@gmail.com)

² Doutora em Engenharia Florestal, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (elainelengowski@gmail.com)

³ Engenheiro Químico, Mestre em Química Analítica Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (pelufodaniel@gmail.com.br)

RESUMO: A segurança no trabalho tem sido um tema de importância crescente no desempenho de funções de setores produtivos, visto que, compreender os riscos e demandas por segurança e saúde geram um ambiente de trabalho de qualidade. Entre as atividades desempenhadas por docentes e técnicos administrativos das instituições de ensino superior público, está a operação e coordenação de laboratórios de pesquisa. Este trabalho teve por objetivo elaborar diretrizes para implantação de um sistema de saúde e segurança do trabalho voltado para reativação e condução das atividades no laboratório de celulose e papel e biorrefinarias da faculdade de engenharia florestal da Universidade Federal de Mato Grosso. Para isto, utilizou-se da metodologia da análise preliminar de risco (APR) com objetivo principal de identificar e propor medidas para eliminar ou controlar os possíveis riscos existentes nesse ambiente de trabalho. De forma geral foram encontrados 76 riscos nas atividades desenvolvidas por um laboratório de celulose e papel, dos quais 50 são riscos químicos, 13 são físicos, cinco são ergonômicos, sete são como risco de acidente e um biológico.

Palavras Chave: Análise Preliminar de Risco. Segurança do Trabalho. Polpa. Papel.

ABSTRACT: Occupational safety has been an increasingly important issue in the performance of duties in any business segment, whether large or small, public, or private, as understanding the risks and demands for safety and health generates a quality work environment. Among the activities performed by professors and administrative technicians at public higher education institutions is the operation and coordination of research laboratories. The objective of this work is to develop guidelines for the implementation of a health and safety system aimed at reactivating and conducting activities in the pulp and paper laboratory and biorefineries of the faculty of forestry engineering at the Federal University of Mato Grosso. For this, the preliminary risk analysis (APR) methodology was used with the main objective of identifying and proposing measures to eliminate or control the possible risks existing in this work environment. In general, 76 risks were found in the activities carried out by a pulp and paper laboratory, of which 50 are chemical risks, 13 are physical, 5 are ergonomic, seven as an accident risks, and one biological

Keywords: Preliminary risk analysis. Workplace safety. Pulp. Paper.

1. INTRODUÇÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) são definidas de acordo pela sua organização e podem ser classificadas como faculdades, centros universitários ou universidades (BRASIL, 2006), sendo que as Universidades são caracterizadas pela indissociabilidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão. Diante disso, ao ingressar na carreira acadêmica, o docente precisa atuar neste tripé. Para o desenvolvimento de pesquisas, as universidades destinam espaços específicos para cada atividade a ser desempenhada, sendo estes denominados laboratórios de pesquisa. Os laboratórios de pesquisa são ambientes em que é realizado o desenvolvimento científico, ou seja, é tratado como ambiente de trabalho, onde o pesquisador realiza seus estudos em prol do avanço, avaliação e análise do conhecimento a serviço da sociedade (FELIPPES et al., 2011; SILVA et al. 2011).

Para formação de profissionais da Engenharia Florestal, além das recomendações do Ministério da Educação, são levados em consideração a ampliação das atribuições do egresso perante o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) (CONFEA, 1973), atendendo as demandas atuais do mercado de trabalho. Inserida nas áreas de atuação profissional está o conhecimento de propriedades de diferentes espécies para produção de produtos de origem florestal

e, entre eles, a produção de celulose e papel.

O processo de produção de polpa celulósica pode ocorrer por processos que utilizam diferentes fontes de energia para individualizar as fibras da madeira, como a mecânica, térmica e química ou a combinação destas, sendo os que utilizam energia química em pH alcalino os mais comuns. O processo kraft é o mais conhecido e utilizado e deslignifica a madeira pela ação do o hidróxido de sódio (NaOH) e do sulfeto de sódio (Na₂S). Desenvolvido pelo químico alemão Carl F. Dahl em 1879 e patenteado em 1884 (SMOOK, 2016), é hoje responsável pela produção de 90% de toda a polpa celulósica produzida no mundo (OLIVEIRA; MATEUS; SANTOS, 2018).

Entre os aspectos relacionados ao processo de produção de polpa celulósica está o conhecimento prévio da qualidade da madeira, que pode indicar a predisposição da matéria-prima para um determinado tipo de papel, além de ajudar no processo de polpação (GONÇALEZ et al., 2014), pois os parâmetros operacionais precisam de ajustes para alcançar a taxa de deslignificação idealizada.

Após o processo de polpação tem-se dois produtos principais: a polpa celulósica propriamente dita e o licor negro, que é o principal resíduo da indústria. Esse licor negro é composto por produtos químicos residuais do processo e por compostos oriundos da solubilização da madeira (ROBUSTI et al., 2014).

A polpa é lavada, depurada e é determinado seu grau de deslignificação pelo número kappa, que expressa o teor de lignina residual nela presente após o cozimento e é o principal parâmetro de controle de processo (SEGURA et al., 2016). A polpa depurada segue para sequência de branqueamento, que, comumente, utiliza um estágio de oxigênio no início. A deslignificação com oxigênio é classificada como uma ponte entre a polpação e o branqueamento (BONFATTI JÚNIOR; SILVA JÚNIOR, 2018) e seu uso reduz a necessidade de reagentes oxidantes à base de cloro e, como consequência, diminui a formação de compostos organoclorados (KAUR; BHARDWAJ; LOCHAB, 2019).

As polpas branqueadas presentes no mercado tem alvura média de 90% ISO (LENGOWSKI et al., 2019). As sequências de branqueamentos são classificadas de duas formas, livres de cloro elementar (ECF = isento de cloro elementar), que é a principal tecnologia utilizada hoje e, totalmente livres de cloro (TCF), que não utilizam cloro elementar ou qualquer outro reagente químico que contenha cloro (LENGOWSKI et al., 2019).

O refino trata-se de um tratamento mecânico em que as fibras da polpa de celulose se quebram parcialmente em fibrilas, aumentando a área superficial e a capacidade de ligação entre fibras permitindo a formação de uma rede forte (SWINEHART, 2012). Desta forma, o refino permite alterar a estrutura das fibras da polpa, e consequente melhora das propriedades físico-mecânicas do papel.

A etapa de formação do papel promove o emaranhamento das fibras e a drenagem gradual da água, conferindo resistência suficiente ao papel, para que ele saia da mesa plana e corra pelos diversos cilindros que compõem o restante do processo (LENGOWSKI et al., 2019).

Com o auxílio de prensas hidráulicas e bombas de vácuo, o excesso de água é retirado, aumentando a resistência e diminuindo a espessura até chegar na umidade final desejada (ROBUSTI et al., 2014).

A Análise Preliminar de Risco (APR) é uma metodologia indutiva, estruturada em observações das condições ambientais e atividades realizadas pelos trabalhadores, tendo como objetivo analisar as formas em que os componentes do processo podem operar fora de controle e de maneira inesperada, elencando para cada situação, as causas, formas de detecção e possíveis consequências geradas, além de determinar meios de controle (TAVARES, 2016).

Mediante o exposto, este artigo tem como objetivo apresentar diretrizes para implantação de um sistema de segurança e saúde no trabalho, subsidiando a proposta de um sistema de gerenciamento de segurança e saúde no trabalho (SGSST) para o ambiente laboratorial de produção de celulose e papel e biorrefinarias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um estudo de caso por meio de pesquisa qualitativa, na qual buscou-se compreender as particularidades e complexidades dos procedimentos realizados no laboratório selecionado como objeto de estudo, fornecendo informações valiosas para decisões estratégicas no controle e prevenção de acidentes e doenças ocupacionais. O estudo de caso é uma estratégia científica ampla que permite avaliar um assunto específico, aprofundando o conhecimento sobre ele e, logo, oferecer diretrizes para novas pesquisas e, para a tomada de decisões (GERRING, 2019).

Justifica-se a escolha do laboratório de celulose e papel e biorrefinarias pela necessidade de se avaliar os riscos nele existentes, uma vez que se constitui em um ambiente de trabalho da estrutura organizacional da Universidade Federal do Mato Grosso e, também, pela contribuição que essa avaliação pode gerar para a construção de conhecimento na área da saúde e segurança no trabalho do setor de celulose e papel.

A coleta de dados foi realizada através de observação *in loco* e análise de documentos, tais como as normas técnicas das práticas adotadas, manual de operação dos equipamentos e fichas de dados de segurança de produtos químicos (FDS) (ABNT, 2023). A demanda de reagentes químicos e frequência das atividades anuais foram estimadas considerando a execução de três cozimentos kraft semanais, processando aproximadamente 800g de madeira por cozimento.

a) Análise Preliminar de Risco (APR)

A APR será utilizada com objetivo de identificar e avaliar preliminarmente acontecimentos inseguros, suas causas ou fontes dentro do processo de produção de celulose e papel laboratorial. Através deste levantamento foi possível identificar os pontos de maior necessidade de precauções em função dos riscos de acidentes ou doenças ocupacionais, visando a saúde e segurança dos operadores do laboratório.

Nesta análise, baseou-se na elaboração de uma matriz de risco que é resultante da correção entre frequência e probabilidade da ocorrência do risco ocupacional. Para a categorização dos riscos foi seguida a Norma Técnica Petrobras NT-2782 (PETROBRAS, 2015a) e N-2595 (PETROBRAS, 2015b), sendo que a denominação dos riscos como Moderado, Tolerável e Não Toleráveis.

Para a construção da frequência da APR, levou-se em consideração os critérios da Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de frequência utilizada na construção da APR.

Categoria		Frequência	Descrição
A	Extremamente raro	<1 EM 10 ⁵ ANOS	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do empreendimento. Sem referências históricas de que isto tenha ocorrido.
B	Raro	1 EM 10 ³ ANOS A 1 EM 10 ⁵ ANOS	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação, apesar de haver referências históricas.
C	Pouco provável	1 EM 30 ANOS A 1 EM 10 ³ ANOS	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação.
D	Provável	1 POR ANO A 1 EM 30 ANOS	Esperado ocorrer mais de uma vez durante a vida da instalação.
E	Frequente	> 1 POR ANO	Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

Fonte: Adaptado Norma Técnica Petrobras NT-2782 (PETROBRAS, 2015a) e N-2595 (PETROBRAS, 2015b).

Os critérios de severidade frente aos riscos de acidente foram classificados em quatro escalas, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela de severidade utilizada na construção da APR.

Categoria		Segurança pessoal	Instalações
I	Desprezível	Sem lesões ou no máximo caso de primeiros socorros sem afastamento.	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos.
II	Leve	Lesões leves em funcionários e terceiros, provocando lesão que implique em incapacidade temporária por prazo igual ou inferior a 15 (quinze) dias.	Danos leves aos equipamentos ou instalações.
III	Crítica	Lesões de gravidade moderada em funcionários ou terceiros que implique em incapacidade temporária por prazo superior a 15 (quinze) dias.	Danos severos a equipamentos ou instalações.
IV	Catastrófica	Provoca morte ou lesões graves em uma ou mais pessoas, provocando lesão ou sequela permanentes.	Danos irreparáveis a equipamentos ou instalações (reparação lenta ou impossível).

Fonte: Adaptado Norma Técnica Petrobras NT-2782 (PETROBRAS, 2015a) e N-2595 (PETROBRAS, 2015b).

Por meio da correlação entre a frequência e a severidade de um cenário de risco no ambiente avaliado, foi possível categorizar os riscos (Tabela 3) e elaborar a APR das atividades realizadas no laboratório.

Tabela 3 – Matriz de risco utilizada na construção da APR.

	A	B	C	D	E
I	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Tolerável	Moderado
II	Desprezível	Desprezível	Tolerável	Moderado	Sério
III	Desprezível	Tolerável	Moderado	Sério	Não tolerável
IV	Tolerável	Moderado	Sério	Não tolerável	Não tolerável

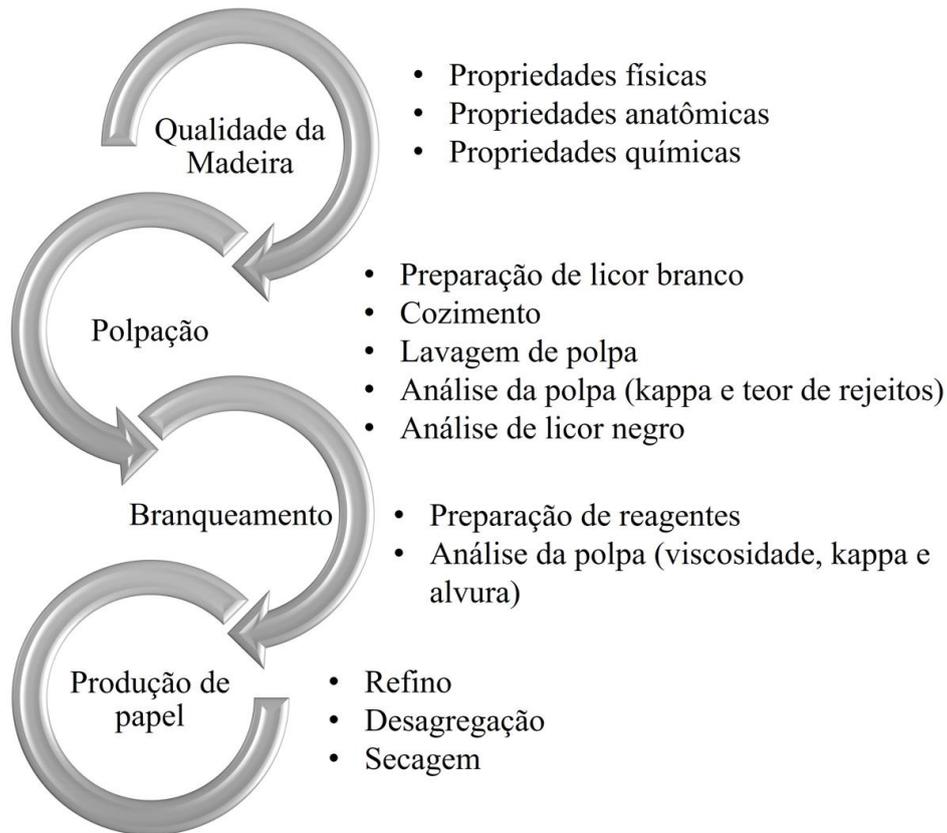
Fonte: Adaptado Norma Técnica Petrobras NT-2782 (PETROBRAS, 2015a) e N-2595 (PETROBRAS, 2015b).

Para produzir a APR com maior detalhamento optou-se em seguir as quatro etapas de produção descritas a seguir: análise da qualidade da madeira, processo de polpação, processo de branqueamento e produção de papel (Figura 1).

Partindo de uma matéria-prima desconhecida, ao receber a amostra de madeira para produção de polpa celulósica é necessário que algumas de suas características sejam determinadas. Na primeira etapa são caracterizadas as dimensões das fibras, densidade básica e composição química da madeira.

Na sequência do processo, inicia-se a produção e titulação do licor de cozimento, onde define-se o teor de sulfidez desejado e, também, a carga alcalina dos reagentes, visando obter o grau de deslignificação alvo (curva de deslignificação). Para cada carga alcalina, mantém-se o fator H constante e, ao final do processo, o licor negro é coletado e a polpa celulósica é lavada até a remoção de todo o licor negro. É determinado o número kappa da polpa celulósica e o teor de rejeitos do processo. No licor usado para o cozimento, agora denominado de licor negro, é determinado o pH, o teor de inorgânicos e orgânicos.

Figura 1 - Principais etapas do processo de produção de celulose e papel em escala laboratorial.



Fonte: Os autores (2023).

Após a deslignificação com oxigênio é determinado o número kappa. Já após as sequências de dióxido de cloro e peróxido de hidrogênio são determinadas a viscosidade da polpa e a alvura. A depender da matéria prima utilizada, diversos estágios de branqueamento podem ser necessários para se alcançar a altura desejada, porém, para este trabalho, adotou-se como padrão a sequência de branqueamento O-DA-EP-D-P.

Após obtida a polpa com as características desejadas, esta segue para o refino para determinação da curva consumo de energia. Em cada porta amostra do refinador é adicionada 6g de polpa, com consistência de 6% em moinho que opera a 150 rpm e uma amostra é retirada para determinar o grau de refino da fibra. Esta amostra segue para o desagregador de fibras onde é desagregada por 1 minuto e colocada no homogeneizador de fibras, onde a cada 1 litro de água tem 2 g de fibras.

Após o refino, a polpa segue para a formação de folhas, com secagem na temperatura de 90°C e pressão de 80 kPa, até a remoção da água. O tempo de secagem de cada folha é de cerca de 20 minutos. Após a secagem as folhas são armazenadas em sala climatizada para caracterização de suas propriedades.

Como são análises ou processos que demandam tempo, o laboratório não apresenta uma rotina definida e o fluxo de trabalho diário é determinado em função da fase em que o processo acima descrito se encontra. Cabe destacar que as etapas descritas estão apresentadas de forma simplificada, visando apresentar os eventuais riscos físicos, químicos, mecânicos, ergonômicos e biológicos e que para condução de uma caracterização, as normas indicadas devem ser seguidas.

A Tabela 4 indica os principais reagentes químicos e seu consumo/armazenamento anual, considerando a realização de três cozimentos semanais com a utilização de 2,5 kg de madeira.

Tabela 4 - Reagentes químicos e quantidade de armazenamento no laboratório estudado.

Reagente químico	Consumo Anual	CAS Number *	Frases de perigo	Utilização
Sulfeto de sódio (Na ₂ S)	25 kg	1313-82-2	H314	P
Hidróxido de sódio (NaOH)	30 kg	1310-73-2	H290, H314	Q, P, B
Ácido clorídrico (HCl)	1 l	7647-01-0	H290, H314, H335	P
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	30 l	7664-93-9	H290, H302, H330, H314, H318, H351, H370, H372, H402, H412	Q, B
Ácido acético (C ₂ H ₄ O ₂)	2 l	64-19-7	H226, H303, H314	Q
Cloreto de bário (BaCl ₂)	1 kg	10361-37-2	H301, H332	P
Clorito de sódio (NaClO ₂)	1 kg	7758-19-2	H302, H314, H318, H373, H400	B
Dióxido de cloro (ClO ₂)	-	10049-04-4	H270, H280, H314, H318, H330, H335, H400	B
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	5 l	7722-84-1	H302, H314, H333, H335, H412	Q, B
Etilenodiamina cúprica (C ₄ H ₁₈ CuN ₄ O ₂)	1 l	14552-35-3	H226, H302, H311, H314, H317, H332, H334, H412	P, B
Etanol (C ₂ H ₆ O)	15 l	64-17-5	H225, H319	Q, B
Tolueno (C ₆ H ₅ CH ₃)	5 l	108-88-3	H225, H315, H320, H361, H336, H373, H401	Q
Tiosulfato de sódio (Na ₂ S ₂ O ₃)	1 Kg	7772-98-7	Nada consta	P, B
Permanganato de potássio (KMnO ₄)	1 kg	7722-64-7	H272, H302, H400, H410	P, B
Iodeto de potássio (KI)	1 kg	7681-11-0	H302, H315, H319	P, B
Safranina (C ₂₀ H ₁₉ ClN ₄)	25 g	477-73-6	H318	Q
Oxigênio comprimido (O ₂)	0,05 m ³	7782-44-7	H270, H280	B
Sulfato de magnésio (MgSO ₄)	1 kg	7487-88-9	Nada consta	B
Formaldeído (CH ₂ O)	4 l	50-00-0	H317, H335, H341, H350, H370	P

Legenda: Q= usado na etapa de qualidade da madeira; P= usado na etapa de polpação; B= usado na etapa de branqueamento. * CAS number= são identificadores numéricos exclusivos atribuídos a produtos químicos pelo Chemicals Abstract Service (CAS: A Division of The American Chemical Society), sendo exclusivo para aquele produto químico, o que o torna uma maneira simples, consistente e confiável de identificar substâncias químicas para que sejam reconhecíveis independentemente da sua região.

Fonte: Os autores (2023).

Para análise do funcionamento da rotina deste laboratório levou-se em consideração todas as etapas de até a produção de papel e não foram contemplados os testes de qualidade do papel visto que há apenas um equipamento operante (ensaio de rasgo).

Acerca da hierarquia de controles de risco empregada no laboratório, foram identificados os seguintes equipamentos de proteção individual (EPI): luva nitrílica, de borracha e de vinil, máscara de proteção contra gases e protetor auricular. Para proteção coletiva há, também, uma capela de exaustão de gases com fluxo de 1830m³. Entende-se por hierarquia de controle de riscos, a estrutura empregada em segurança e saúde ocupacional para entender melhor a eficácia relativa de diferentes estratégias de redução de riscos e para ajudar a determinar como implementar soluções viáveis e eficazes (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH, 2020). Essa metodologia é ilustrada como uma pirâmide invertida, apresentada na Figura 2, com cinco categorias representadas em ordem decrescente de eficácia: eliminação, substituição, controles de engenharia, controles administrativos e proteção individual (SEHGAL; MILTON, 2021). Com as análises da APR foram discutidas as diretrizes de prevenção de riscos com a ótica da hierarquia de controle.

Figura 2. Hierarquia de controle da NIOSH.



Fonte: Adaptado de NIOSH (2020).

3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

Abaixo são destacadas as análises APR para as etapas de determinação da qualidade da madeira, polpação, branqueamento da polpa celulósica e produção de papel. Nesta análise não foi apontado o risco de armazenamento dos reagentes químicos, que possui como procedimento básico a disposição do produto em armário, conforme sua categoria, longe de calor e umidade. Quando o reagente possui riscos especiais, foram incluídos na APR constante da tabela 5, que reúne todas as atividades relacionadas à análises de qualidade da madeira para a produção de celulose e papel, seus riscos, respectivas causas, consequências, categorias e medidas preventivas.

Na etapa de determinação da qualidade da madeira foram identificadas 17 atividades e 27 riscos envolvidos, sendo um desprezível, 12 moderados, quatro toleráveis, oito sérios e dois não toleráveis. Dos riscos identificados, 13 são químicos, cinco são físicos, cinco risco de acidente, três ergonômicos e um biológico.

O primeiro risco não tolerável encontrado é devido a utilização do solvente orgânico tolueno misturado ao etanol. O tolueno é uma substância muito volátil e um agente neurotóxico, ou seja, que envenena o sistema nervoso central e impede que ele funcione adequadamente (GERALDINO et al., 2021). Apesar da gravidade desse risco sua mitigação é relativamente simples, com o auxílio de EPI's adequados e manuseio do solvente em capela com sistema de exaustão. Outro risco não tolerável é o risco de explosão do autoclave de bancada, ao qual, como medida mitigatória, tem-se a calibração do equipamento e de sua válvula de segurança.

A Tabela 6 reúne todas as atividades relacionadas à etapa de polpação kraft, somadas aos seus riscos, respectivas causas, consequências, categorias e medidas preventivas.

Na etapa de cozimento kraft foram identificadas 12 atividades e 32 riscos envolvidos, sendo quatro desprezíveis, dois toleráveis, sete moderados, 18 sérios e um não tolerável. Dos riscos identificados, 23 são químicos, seis físicos e dois ergonômicos e um de acidente.

Bem como o risco de explosão do autoclave na análise de qualidade da madeira o risco de explosão do digestor pode ser mitigado quando há a calibração do equipamento e de sua válvula de segurança.

A Tabela 7 reúne todas as atividades relacionadas à etapa de branqueamento, somadas aos seus riscos, respectivas causas, consequências, categorias e medidas preventivas.

Na etapa de branqueamento da polpa celulósica foram identificadas sete atividades e 16 riscos envolvidos considerando as causas, sendo dois desprezíveis, três moderados, 10 sérios, sete sérios e um não toleráveis. Dos riscos identificados, 14 são riscos químicos e dois foram classificados como riscos físicos.

O risco não tolerável do cozimento kraft se repete na etapa de branqueamento, pois o estágio de branqueamento com oxigênio também acontece no digestor pressurizado, contudo em temperatura significativamente menor. Deste modo, não há estratégia de mitigação diferente daquela supracitada na etapa de cozimento kraft no digestor.

A Tabela 8 reúne todas as atividades relacionadas à etapa de produção de papel, somadas aos seus riscos, respectivas causas, consequências, categorias e medidas preventivas.

Na etapa de produção de papel foram identificadas três atividades e seis riscos envolvidos considerando as causas, sendo cinco toleráveis e um sério. Dos riscos identificados, quatro foram classificados como riscos físicos, um como ergonômico e um como risco de acidente.

De forma geral foram encontrados 76 riscos nas atividades desenvolvidas por um laboratório de celulose e papel dos quais 50 são riscos químicos, 13 físicos, cinco ergonômicos, sete como risco de acidente e um biológico.

Um laboratório desta natureza é um laboratório de atividade ligada a processos químicos e seus principais riscos estão relacionados ao armazenamento e manuseio de reagentes químicos. Todos os produtos químicos representam um perigo em uma determinada dose, e é por isso que a exposição a produtos químicos também deve ser sempre considerada (CANNON et al., 2017). Somado aos riscos químicos se encontram também riscos físicos, mecânicos e ergonômicos, além do armazenamento de reagentes explosivos e inflamáveis e operação de máquinas, equipamentos e vasos de pressão.

De acordo com a norma NR04 (BRASIL, 2022b) as atividades realizadas para fabricação de celulose, papel e produtos de papel são classificadas como grau de risco 3, o que estabelece um risco médio frente a frequência e índice de probabilidade de acidentes de trabalho. Este grau é usado para determinar a necessidade profissionais de segurança do trabalho assim como de dimensionamento de alguns órgãos de segurança do trabalho, CIPA, PCMSO e SESMT (BRASIL, 2022b).

Nesse sentido a gestão desse laboratório deve considerar as seguintes normas regulamentadoras (NR's):

- NR 01 - Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais;
- NR 04 - Serviços especializados em segurança e em medicina do trabalho;
- NR 06 - Equipamento de proteção individual – EPI;
- NR 09 - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos;
- NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos;
- NR 13 - Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento;
- NR 15 - Atividades e operações insalubres;
- NR 16 - Atividades e operações perigosas;
- NR 17 – Ergonomia;
- NR 20 - Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis;
- NR 23 - Proteção contra incêndios;
- NR 25 - Resíduos industriais;
- NR 26 - Sinalização de segurança; e,
- NR 32 - Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde.

Tabela 5 - Análise preliminar de riscos da atividade de determinação da qualidade da madeira.

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Deslignificação da madeira	Químico - Peróxido de hidrogênio	Manuseio inadequado	Nocivo se ingerido ou inalado. Corrosivo e irritante aos olhos e pele.	Moderado	EPI adequado: máscara facial adequada, e óculos de proteção com vedação lateral
		Armazenamento inadequado	Não combustível, mas favorece a combustão de outras substâncias e causa reações violentas e as vezes, explosivas. Tóxico a organismos aquáticos	Sério	Armazene em local bem ventilado. Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. Em local arejado, fresco. Afastado de fontes de calor. Afastado de produtos incompatíveis (ver seção 10). Afastado de substâncias combustíveis. Manter em embalagens que possuam válvulas/alívios de pressão/respiradores de segurança. Manter na embalagem original, fechado. Garanta que haja bacia de contenção sob tanques e tubulações de transferência. Produtos incompatíveis para armazenar junto Ácidos: Exemplo: Sulfúrico, clorídrico. Bases: Exemplo: Hidróxido de sódio, barrilha. Metais: Exemplo: Ferro, cobre. Sais metálicos. Exemplo: Ferro, cobre. Agentes redutores. Exemplo: Permanganato de potássio, bissulfito de sódio. Materiais orgânicos: Exemplo: Papel, tecido. Substâncias inflamáveis. Exemplo: Etanol, gasolina. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos.
	Químico - ácido acético	Manuseio inadequado	Queimaduras dérmicas e oculares, intoxicação aguda	Moderado	EPI adequado: máscara facial para vapores ácidos, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Pode contribuir nas chamas para incêndios. Nocivo para organismos aquáticos	Moderado	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor.. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos

Tabela 5 - Análise preliminar de riscos da atividade de determinação da qualidade da madeira (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Deslignificação da madeira	Químico – solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético	Manuseio inadequado do produto	Queimaduras dérmicas e oculares, intoxicação aguda	Tolerável	EPI adequado: máscara facial para vapores ácidos, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Explosões e contribuição para propagação de incêndios	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Produzir apenas a quantidade necessária e não armazenar a mistura. Verificar existência de extintores.
Coloração das fibras	Químico - Safranina	Manuseio inadequado do produto	Manchas temporárias na pele	Desprezível	Usar luvas de PVC e jaleco de proteção
Produção de palitos de madeira para morfologia e química	Acidente - Uso de ferramenta cortante e de impacto	Manuseio inadequado da ferramenta	Cortes e batidas nas mãos farpas de madeira na pele ou olhos	Moderado	Uso de EPI, como luvas de couro e óculos de proteção
Manipulação de vidraria	Acidente - Quebrar vidraria	Manuseio inadequado da vidraria	Cortes	Moderado	Treinamento laboratorial e indicação de local apropriado para descarte de vidraria quebrada
Postura no microscópio	Ergonômico - má postura	Altura da bancada inadequada e ausência de apoios nos pés	Lesão muscular ou articular nos membros superiores	Tolerável	Adequar a altura da cadeira para a bancada. Cadeira que possui apoio para os pés.
Corte dos discos de madeira em cunhas	Acidente - Uso de ferramenta cortante e de impacto	Manuseio inadequado da ferramenta	Cortes e batidas nas mãos farpas de madeira na pele ou olhos	Sério	Uso de EPI, como luvas de couro e óculos de proteção
Retirada dos discos saturados da água	Biológico - contato com fungos e bactérias	Contato com fungos da água	Alergias e doenças dérmicas	Tolerável	Usar luvas de PVC e jaleco de proteção. Realizar a troca da água semanalmente.

Tabela 5 - Análise preliminar de riscos da atividade de determinação da qualidade da madeira (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Troca de água das bombas	Ergonômico - má postura	Elevado peso para movimentar e descartar a água dos recipientes	Lesão muscular ou articular nos membros superiores	Moderado	Deixar as bombas próximas ao local de descarte de água e não realizar a troca da água sozinho.
Perfuração da cunha de madeira com agulha de medição	Acidente - Uso de ferramenta cortante e de impacto	Manuseio inadequado da ferramenta	Cortes e batidas nas mãos, farpas de madeira na pele ou olhos	Moderado	Uso de EPI, como luvas de couro ou e óculos de proteção e pinças para manuseio.
Retirada das cunhas ou amostras da estufa	Físico - Temperatura 103°C da estufa	Manuseio inadequado da ferramenta	Queimaduras dérmicas	Tolerável	Uso de EPI, como luvas de couro.
Moagem dos palitos	Acidente - Uso de ferramenta cortante e de impacto	Manuseio inadequado da ferramenta	Cortes e batidas nas mãos farpas de madeira na pele ou olhos	Moderado	Uso de EPI, como luvas de couro ou e óculos de proteção
Moagem e peneiramento da madeira	Físico - Poeira	Pó gerado do processo de moagem	Alergias, irritação nasal e ocular; obstrução nasal, bronquites	Moderado	Uso de EPI, máscara PFF2 e manutenção da circulação de ar. Instalação de um exaustor de poeira.
Colocação nas amostras no extrator soxhlet	Ergonômico - Má postura	Altura da bancada inadequada e do extrator	Lesão muscular ou articular nos membros superiores	Moderado	Uso de degrau estável em frente a bancada
Extração com Etanol-tolueno	Químico - Tolueno	Manuseio inadequado do produto	Lesão ocular grave, irritação das vias aéreas e derme. Pode prejudicar os rins, sistema nervoso central e a fertilidade ou feto, causar sonolência ou vertigem. Pode ser nocivo a crianças alimentadas com leite materno e fatal se ingerido ou penetras nas vias respiratórias.	Não tolerável	EPI adequado: máscara facial adequada luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Incêndio e explosão	Sério	Deixar em armário c/ reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores e fechamento dos recipientes para evitar vazamentos

Tabela 5 - Análise preliminar de riscos da atividade de determinação da qualidade da madeira (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Extração com Etanol-tolueno	Químico - Etanol	Manuseio inadequado do produto	Lesão ocular grave, toxicidade e irritação das vias aéreas. Pode prejudicar o fígado, o sistema nervoso central e a fertilidade ou feto.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Incêndio e explosão	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar a existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos
Extração em água quente	Físico - Temperatura elevada 100°C	Manuseio inadequado do banho maria	Queimaduras dérmicas	Moderado	Uso de EPI, como luvas de couro ou similar, jalecos de manga comprida e calçados fechados.
Hidrólise para determinação da lignina	Químico - Ácido sulfúrico	Manuseio inadequado do produto	Corrosão e irritação da pele, lesões oculares graves, toxicidade aguda se inalado ou ingerido, pode causar danos no sistema respiratório. Pode ser fatal se inalado e nocivo se ingerido.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Nocivo para organismos aquáticos e Produtos perigosos e tóxicos da reação de combustão	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos
	Físico - explosão da autoclave de bancada	Uso da autoclave com alta pressão e temperatura (2,2kgf/cm ² a 135°C) para acelerar a hidrólise	Destruição do local de análise e lesão permanente ao usuário	Não tolerável	Calibração do autoclave e da válvula de segurança.
Determinação do teor de cinzas	Físico - temperatura de 525°C	Calcinação do cadinho em mufla	Queimaduras	Moderado	Uso de EPI e pinças para manuseio das amostras adequadas para altas temperaturas.

Fonte: Os autores (2023).

Tabela 6 - Análise preliminar de riscos da atividade de polpação kraft.

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Preparo do licor branco	Químico - Hidróxido de sódio	Manuseio inadequado do produto	Queimaduras dérmicas e oculares graves intoxicação dos órgãos do sistema respiratório	Moderado	EPI adequado: máscara facial para vapores, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Produz fumos tóxicos e/ou corrosivos quando aquecido. E em vazamento é tóxico para organismos aquáticos	Moderado	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos
	Químico - Sulfeto de sódio	Manuseio inadequado do produto	Queimaduras dérmicas e oculares graves intoxicação dos órgãos do sistema respiratório	Moderado	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Pode explodir com rápido aquecimento ou percussão	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos
Titulação do licor branco e do licor negro	Químico - formoldeido	Manuseio inadequado do produto	Lesão ocular grave, irritação das vias aéreas e derme. Prejudica os rins, sistema nervoso central, a fertilidade ou feto, causa sonolência ou vertigem. Nocivo a crianças alimentadas com leite materno e fatal se ingerido ou penetrar nas vias respiratórias.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Gás inflamável sob pressão e calor pode explodir, tóxico a organismos aquáticos	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos

Tabela 6 - Análise preliminar de riscos da atividade de polpação kraft (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Titulação do licor branco e do licor negro	Químico - cloreto de bário	Manuseio inadequado do produto	Tóxico por ingestão. Nocivo por inalação. Irritação da pele e dos olhos	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada (P2 ou N99), luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Contaminação de esgotos.	Moderado	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos
	Químico - ácido clorídrico	Manuseio inadequado do produto	Quando inalado pode provocar sintomas alérgicos ou de asma. Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos. Tóxico se ingerido. Nocivo se ingerido ou inalado.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio.
		Armazenamento inadequado	Muito tóxico para organismos aquáticos. Produz vapores tóxicos e irritantes quando aquecido.	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos
Colocar o Licor Branco nas cápsulas	Químico - NaOH + Na ₂ S (licor branco)	Manuseio inadequado do produto	Queimaduras dérmicas e oculares, intoxicação aguda	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas de PVC ou borracha, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
Cozimento kraft	Físico- Temperatura 170°C do digestor	Operação inadequada do digestor, falta de atenção	Queimaduras dérmicas	Sério	Uso de EPI, como luvas de couro ou similar, jalecos de manga comprida e calçados fechados.
	Químico- Contaminação da água do digestor que será descartada em ralo s/ tratamento	Vazamento de reagente das cápsulas	É tóxico para organismos aquáticos	Desprezível	Uso de borracha vedante entre a cápsula e tampa. Dupla verificação de aperto nos fechos da cápsula.

Tabela 6 - Análise preliminar de riscos da atividade de polpação kraft (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Cozimento kraft	Físico - explosão do digestor	Vaso pressurizado	Destruição do local de análise e lesão permanente ao usuário	Não tolerável	Calibração do digestor e da válvula de segurança. Acompanhamento constante do processo
Fechamento e abertura do digestor	Ergonômico - excesso de esforço manual	Abertura e fechamento exigem muita força para colocar a tampa e fechar os parafusos onde ficam as capsula de cozimento	Lesão muscular ou articular nos membros superiores	Sério	Instalação de uma grua que permita a remoção da tampa com menos força manual, aquisição de desparafusador compatível com a dimensão dos parafusos do digestor.
Despressurização do digestor	Físico - Alta temperatura	Vapor de água superaquecido	Queimaduras dérmicas	Sério	Uso de EPI, como luvas de couro ou similar, jalecos de manga comprida e calçados fechados.
Abertura de cápsulas	Físico - alta temperatura	Vapor de água superaquecido	Queimaduras dérmicas	Sério	Uso de EPI, como luvas de couro ou similar, jalecos de manga comprida e calçados fechados.
	Químico - Presença de subprodutos da reação química de designificação	Inalação de subprodutos químicos do cozimento	Dores de cabeça, tontura e náusea	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, e óculos de proteção com vedação lateral
Determinação do teor de orgânicos do licor negro e de rejeitos da polpa	Físico - Temperatura 103°C da estufa	Manuseio inadequado da ferramenta	Queimaduras dérmicas	Tolerável	Uso de EPI, como luvas de couro.

Tabela 6 - Análise preliminar de riscos da atividade de polpação kraft (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Manipulação de vidraria	Acidente -Quebrar vidraria	Manuseio inadequado da vidraria na atividades de preparo do licor branco, titulação dos licores, colocação do licor branco nas cápsulas, determinação do número kappa e viscosidade da polpa	Cortes	Moderado	Treinamento laboratorial e indicação de local apropriado para descarte de vidraria quebrada
Determinação do teor de inorgânicos do licor negro	Físico – temperatura de 525°C em mufla	Alta temperatura da mufla para queima dos orgânicos.	Queimaduras	Moderado	Uso de EPI e pinças para manuseio das amostras adequadas para altas temperaturas.
Determinação do número Kappa	Químico - Tiosulfato de sódio	Manuseio inadequado	Produto não perigoso	Despresível	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Produto não perigoso	Despresível	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor
	Químico - Iodeto de potássio	Manuseio inadequado	Irritação da pele e ocular graves	Moderado	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Produto químico não classificado como perigoso	Despresível	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor.

Tabela 6 - Análise preliminar de riscos da atividade de polpação kraft (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Determinação do número Kappa	Químico - Permanganato de potássio	Manuseio inadequado	Corrosão e irritação da pele, lesões oculares graves, toxicidade aguda se inalado ou ingerido, pode causar danos no sistema respiratório. Pode ser fatal se inalado e nocivo se ingerido.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada (filtro P2), luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Pode agravar um incêndio, por ser comburente. Muito tóxico para a vida aquática, com efeitos prolongados. Em caso de incêndio formam-se gases inflamáveis e vapores perigosos.	Sério	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Hermeticamente fechado. Em local seco. Não na proximidade de substâncias inflamáveis. Existe o risco de explosão e/ou formação de gás tóxico com as seguintes substâncias: cloreto de hidrogênio gasoso, sulfóxido de dimetilo, anidrido acético, formaldeído, piridina, redutores fortes, sulfureto de hidrogênio, trietanolamina, ácido acético, anidridos, amoníaco, aldeídos, silanos, substâncias oxidáveis, solvente, ácidos, ácidos minerais, ácido oxálico, substâncias orgânicas, substâncias inflamáveis, peróxido de hidrogênio, hidroxilamina, dimetilformamida, glicerol, ácido fluorídrico, enxofre, compostos de amônio, álcoois, fósforo, cabonetos, alumínio, antimônio, arsênio.
	Químico - ácido sulfúrico	Vide ácido sulfúrico em análise de qualidade da madeira			
Determinação do rendimento da polpa celulósica	Ergonômico - má postura	Altura da bancada inadequada e ausência de apoios nos pés	Lesão muscular ou articular nos membros superiores	Tolerável	Adequar a altura da bancada. Pausas ao longo da jornada de trabalho.

Tabela 6 - Análise preliminar de riscos da atividade de polpação kraft (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Determinação da viscosidade da polpa celulósica	Químico - Etilenodiamina cúprica	Manuseio inadequado	Corrosão e irritação da pele, lesões oculares graves, toxicidade aguda se inalado ou ingerido, pode causar danos no sistema respiratório. Pode ser fatal se inalado e nocivo se ingerido.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, luvas nitrílicas, óculos de proteção com vedação lateral, calçado fechado e jaleco de algodão com mangas compridas. EPC: Uso de capela para manuseio
		Armazenamento inadequado	Pode agravar incêndios, lílido e vapores inflamáveis. Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.	Sério	Armazenar em local fresco. Guardar o recipiente herméticamente fechado em lugar seco e bem ventilado. Os contentores abertos devem ser cuidadosamente fechados de novo e têm que ficar direitos para evitar a dispersão. Sensível ao ar e a luz-guardar em ambiente refrigerado. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos

Fonte: Os autores (2023).

Tabela 7- Análise preliminar de riscos processo de branqueamento.

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Produção do Dióxido de cloro	Químico - Clorito de sódio	Manuseio inadequado	Toxicidade dérmica, irritação e corrosão da pele, toxicidade aguda se ingerido. Causa queimaduras na pele e olhos. Pode agravar um incêndio e muito tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nocivos a longo prazo no ambiente aquático.	Moderado	Óculos de segurança bem ajustados, manusear com luvas de borracha natural látex/cloropreno. Uso de um respirador de cobertura facial total com filtros de combinação multiobjetvos.
		Armazenamento inadequado	Favorece a inflamação de matérias combustíveis.Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.	Moderado	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada, longe de fogo e calor. Não misturar com materiais combustíveis. Verificar existência de extintores. Verificar o adequado fechamento dos recipientes para evitar vazamentos

Tabela 7- Análise preliminar de riscos processo de branqueamento (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Manipulação de vidraria	Acidente - Quebrar vidraria	Manuseio inadequado da vidraria na atividades de preparo do dióxido de cloro, colocação dos reagentes nas cápsulas, determinação da viscosidade da polpa	Cortes	Moderado	Treinamento laboratorial e indicação de local apropriado para descarte de vidraria quebrada
Branqueamento com O ₂	Químico - Oxigênio	Deslignificação com oxigênio	Pode ocasionar lesão ocular e dérmica grave.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, e óculos de proteção com vedação lateral
		Armazenamento de O ₂ comprimido	Pode provocar ou agravar um incêndio, oxidante, toxicidade a reprodução; contém gás sob pressão: pode explodir sob ação do calor.	Sério	Deixar armazenado longe de fontes de calor e de produtos inflamáveis.
	Físico- Vaso de pressão operante a 8 Kgf	Explosão	Destruição laboratorial, lesão permanente	Não tolerável	Calibração da válvula de segurança. Acompanhamento constante do processo
Branqueamento etapa D	Químico - Dióxido de cloro	Manuseio inadequado do dióxido de cloro	Irritação para olhos, trato respiratório e pele.	Sério	EPI adequado: máscara facial adequada, e óculos de proteção com vedação lateral
		Armazenamento inadequado	Explosão	Sério	Produzir somente a quantidade necessária evitar armazenamento, e caso seja necessário armazenar utilizar sistema refrigerado.
	Físico- Temperatura elevada 100°C	Manuseio inadequado do banho maria	Queimaduras dérmicas	Sério	Uso de EPI, como luvas de couro ou similar, jalecos de manga comprida e calçados fechados.

Tabela 7- Análise preliminar de riscos processo de branqueamento (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Branqueamento etapa A	Químico - Ácido sulfúrico	Vide ácido sulfúrico em análise de qualidade da madeira			
Branqueamento etapa P	Químico-Peróxido de hidrogênio	Vide Peróxido de hidrogênio em análise de qualidade da madeira			
Branqueamento em etapas oxidantes	Químico-Sulfato de magnésio	Manuseio inadequado	Pode causar uma leve irritação no contato com olhos, e se ingerido pode causar amargura na boca	Desprezível	Uso de óculos e luvas de proteção e máscara contra pós finos.
		Armazenamento inadequado	Não é classificado como produto perigoso, porém não se deve descartá-lo em rede de águas residuais para evitar contaminações.	Desprezível	Deixar em armário com reagentes na categoria adequada. Manter as embalagens bem fechadas, local seco e limpo.
Determinação da viscosidade	Químico - Etilenodiamina cúprica	Vide Etilenodiamina cúprica em polpação			

Fonte: Os autores (2023).

Tabela 8- Análise preliminar de riscos da atividade de produção de papel.

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Refinar as fibras	Físico ruído acima de 64 decibéis	Movimentos do refinador e das peças que o compõe	Estresse, irritabilidade, dores de cabeça, dificuldade de comunicação	Tolerável	Uso de protetor auricular e enclausuramento
	Acidente	Fixação inadequada pode gerar desprendimento de peças durante rotação	Lesões severas ou permanentes se atingir operador	Sério	Dupla checagem nas travas dos recipientes do refinador

Tabela 8- Análise preliminar de riscos da atividade de produção de papel (continuação).

Atividade	Risco	Causa	Consequência	Categoria de risco	Medidas preventivas
Refinar as fibras	Ergonômico-excesso de esforço manual	Fixação e soltura das travas exigem força em posição inclinada	Lesão muscular ou articular nos membros superiores	Tolerável	Aumentar a dimensão da chave para que o braço de alavanca confira uma transmissão de esforço maior com menor esforço
Desagregar as fibras	Físico ruído acima de 64 decibéis	Movimentos da hélice do desagregador	Estresse, irritabilidade, dores de cabeça, dificuldade de comunicação	Tolerável	Uso de protetor auricular
Formação e secagem das folhas de papel	Físico ruído acima de 64 decibéis	Bombas que fazem a sucção e vácuo na máquina formadora	Estresse, irritabilidade, dores de cabeça, dificuldade de comunicação	Tolerável	Uso de protetor auricular e enclausuramento
	Físico temperatura de 90°C da secadora	Aquecimento para remoção da água	Queimaduras dérmicas	Tolerável	Uso de luvas de tecido ou couro para proteção das mãos

Fonte: Os autores (2023).

Considerando o controle de riscos da NIOSH a gestão laboratorial também pode considerar as seguintes estratégias:

a) Evitando perigos através da eliminação ou escala reduzida

Entre os perigos que podem ser eliminados estão os ergonômicos, com a troca das bancadas e de banquetas nas alturas adequadas para análises anatômicas e químicas. Para a análise Soxhlet, a instalação de uma plataforma estável pode contribuir para manusear a vidraria de forma ergonômica.

A instalação de uma grua para movimentar a tampa do digestor e de um parafusador eliminará o excesso de esforço, assim como a troca da chave para fechamento dos porta amostras do refinador Jokro.

Outro aspecto que pode ser considerado durante a polpação kraft é reduzir a temperatura de cozimento e, conseqüentemente, a pressão do digestor, aumentando o tempo de cozimento para preservar o fator H do processo. No entanto, cabe destacar que esta alteração aumentará o tempo de exposição ao risco.

Para a solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético no processo de maceração da madeira, assim como produção de dióxido de cloro que é utilizado no branqueamento, deve-se produzir apenas a quantidade necessária de reagente, visto que estas produzem gás que se armazenado podem resultar em explosão.

b) Evitando perigos através da substituição

Como os procedimentos são padronizados e normalizados, não foi possível identificar perigos que possam ser substituídos.

c) Evitando perigos por meio de controles de engenharia

Um controle de engenharia típico de todo laboratório químico é a capela de exaustão de gases. O principal objetivo dos exaustores é remover gases e vapores para remover riscos de inalação e/ou remover gases e vapores que aumentam a chance de incêndios ou explosões. Entre as medidas necessárias é verificar sempre ao utilizar reagentes químicos se a capela está ligada, se a taxa de fluxo de ar é adequada, assim como seu tamanho. A instalação dela deve ser adequada para efetuar a captura dos gases e vapores e manter a abertura da porta adequada para as operações a serem desempenhadas.

Outro controle de engenharia que demanda de atenção são as válvulas de segurança da autoclave e do digestor que devem ser calibradas anualmente (VERÍSSIMO, 2018).

Além destes, pode ser adotada a instalação de um exaustor de poeira para auxiliar na etapa de preparo da matéria prima para análise de qualidade da madeira. Para o refinador de fibras e a secadora de papel, também pode-se adotar o enclausuramento, minimizando o ruído de trabalho dos equipamentos.

d) Evitando riscos por meio de controles administrativos

Ao desenvolver uma pesquisa laboratorial, boas práticas ajudam a minimizar a exposição e o risco, estas são caracterizados como controles administrativos. Uma lista típica de regras de laboratório se aplica à maioria das situações:

- Não comer e beber no laboratório;
- Nenhum armazenamento de alimentos em refrigeradores de laboratório contendo produtos químicos;
- Uso de EPI adequado;
- Mantenha as bancadas de laboratório arrumadas e mantenha as áreas de segurança livres perto de lava-olhos, chuveiros e equipamentos de emergência;

- Descarte os produtos químicos adequadamente;
- Limpe as vidrarias após o uso;
- Lave as mãos se houver alguma exposição da pele a produtos químicos menos perigosos e lave as mãos ao sair do laboratório. Se a exposição da pele apresentar um risco sério, saiba quais ações tomar imediatamente;
- Etiquete todos os recipientes no laboratório;
- Tenha cuidado ao transferir produtos químicos perto de telefones, computadores e outros equipamentos de laboratório;
- Saiba onde estão localizadas as saídas de emergência e os alarmes de incêndio e o que fazer em caso de emergência;
- Não deixe equipamentos operando sozinho;
- Sempre trabalhe com ao menos mais uma pessoa no laboratório;
- Faça pausas sempre que possível para evitar má postura em trabalhos repetitivos.

Outro aspecto importante é desenvolver Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para cada atividade desempenhada e quando esta envolver risco químico, manter as FDS de fácil acesso.

Além dos equipamentos de proteção, é necessária a capacitação de colaboradores em boas práticas laboratoriais, para que a execução adequada das atividades somadas aos sistemas de proteção garantam a segurança e saúde no ambiente laboratorial. Antes de um novo aluno ou funcionário iniciar os trabalhos, é necessária a leitura dos POPs e o treinamento para as atividades. A “cultura local” do laboratório pode ou não impor explicitamente ou implicitamente essas regras. Deixar mensagens coladas nas áreas e locais que merecem atenção são estratégias sábias.

Como medida coletiva de prevenção de acidentes é importante escolher o local de armazenamento dos reagentes químicos, agrupar os reagentes verificando a incompatibilidade química entre eles (CARLSTRON et al., 2016; NIVOLIANITOU et al., 2006), certificar que todos os recipientes de produtos químicos perigosos estão devidamente rotulados com a identidade dos produtos químicos perigosos e os avisos de perigo apropriados (ABNT, 2017) e que todas as fichas de dados de segurança de produtos químicos (FDS) (ABNT, 2023) estejam disponíveis para consultas. Esses reagentes não devem ser armazenados acima do nível dos olhos e nunca na prateleira superior de uma unidade de armazenamento, também não se deve superlotar as prateleiras. Por fim, deve-se manter os reagentes inflamáveis e explosivos longe de fontes de calor e da luz solar direta.

Os sistema de combate a incêndios deve ser estruturado por meio de extintores de incêndios seguindo a Norma Técnica do Corpo de Bombeiros do estado de Mato Grosso NTCB nº18/2010 (CBMMT, 2020) e as diretrizes da NR 23 (BRASIL, 2022c).

e) Evitando riscos através do uso de equipamentos de proteção individual

Por ultimo, assumindo que não há como eliminar ou minimizar os riscos pelos passos anteriores, a gestão laboratorial deve sugerir EPI. Estes podem ser feitos consultando a NR 6 (BRASIL, 2022a) e normas afins. O equipamento de proteção individual (EPI) envolve a disponibilidade e o uso adequado de equipamentos como óculos de segurança, luvas, jalecos e protetores auditivos. O uso de vestimentas fechadas, como calças e sapatos, é primordial para auxiliar na proteção de laboratórios químicos. Outro aspecto importante é se atentar ao tecido destas vestimentas, sendo indicado o uso de algodão e não de materiais sintéticos.

É fundamental que o equipamento correto seja usado (como certificar-se de que o material de luva correto seja selecionado para um perigo específico) e que seja usado adequadamente com treinamento apropriado.

Para a escolha dos equipamentos de proteção individual (EPIs) e equipamentos de proteção coletiva (EPCs) é necessário levantar as informações dos reagentes utilizados bem como dos equipamentos do laboratório e da execução das atividades e a incorporação de um programa de proteção respiratória seguindo as diretrizes da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (TORLONI, 2016). A proteção individual dos colaboradores deve ser planejada de modo a evitar o contato direto deles com os reagentes químicos, sendo necessários equipamentos de proteção respiratória com filtro para vapores e névoas, luvas de proteção de PVC, borracha nitrílica ou natural e óculos de proteção contra respingos. No caso dos EPCs, além do uso de capelas, deve-se instalar chuveiros de segurança e lava-olhos para a descontaminação rápida e fácil em casos de emergências.

4. CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades típicas de um laboratório de celulose e papel apresentam diversos riscos, principalmente os de natureza química, uma vez que nesse laboratório é simulado o processamento químico de obtenção de celulose e papel.

Os colaboradores que atuarem nesse tipo de laboratórios estão sujeitos às condições insalubres e perigosas. Para garantir a saúde e segurança deles é necessário garantir o correto armazenamento e manuseio dos reagentes químicos, prover todos os EPIs e EPCs necessários, assegurar um sistema contra incêndios eficaz e treinar adequadamente esses colaboradores.

Em função das atividades desempenhadas, é possível estabelecer mecanismos de eliminação ou redução, controles de engenharia, controles administrativos e através de equipamentos de proteção individual formas de minimizar os riscos operacionais que permeiam a estrutura laboratorial do laboratório de pesquisa.

Com a operação desse laboratório se faz necessário a avaliação quantitativa dos riscos químicos envolvidos para determinar os graus de insalubridade das atividades laborais.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-3**: Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Parte 3: Rotulagem. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-4**: Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Aspectos gerais do Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), classificação, FDS e rotulagem de produtos químicos. Rio de Janeiro, 2023.

BONFATTI JÚNIOR, E. A.; SILVA JÚNIOR, F. G. The effects of temperature, alkali charge and additives in the oxygen delignification in high kappa number eucalyptus pulp kraft. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 118, p. 217–227. 2018.

BRASIL. Decreto nº 5773, de 9 de maio de 2006. Dispõe sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 10 maio de 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTP nº 2.175, de 28 de julho de 2022. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 06 - Equipamentos de Proteção Individual - EPI. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 5 agosto de 2022a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTP nº 2.318, de 03 de agosto de 2022. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 04 - Serviços Especializados em Segurança e Medicina do Trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 12 agosto de 2022b.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTP nº 2.769, de 05 de setembro de 2022. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 04 - Serviços Especializados em Segurança e Medicina do Trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 6 setembro de 2022c.

CARLSTRON, J. P.; VERRESCHI, D. C.; BATISTA, I. D. F. C.; TSUBOUCHI, B. D. M.; ABREU, B. C. G. D.; MASTANTUONO, D.; ITO, D.T.; RAMOS, P.W.; SZCZYGIEL, N.L.; CHUDZINSKITAVASSI, A.M.; CRUZ, J. A.; BARAZZONE, G.C.; ANDRADE, S.A. Segregação e Acondicionamento de Produtos Químicos: Implantação de um Sistema Seguro na Área de Química de Proteínas do Laboratório de Bioquímica e Biofísica–Instituto Butantan. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, v. 8, n. 3, p. 218-225, 2016.

CANNON, A. S.; FINSTER, D.; RAYNIE, D.; WARNER, J. C. Models for integrating toxicology concepts into chemistry courses and programs. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 10, n. 4, p. 436-443, 2017.

CBMMT. CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE MATO GROSSO. **NTCB nº 18 – Sistema de proteção por extintores de incêndio**. Cuiabá, 2020. 6p.

CONFEA. RESOLUÇÃO Nº 218, DE 29 DE JUNHO DE 1973. Rio de Janeiro: CONFEA, 1973. 5p.

ESCOBAR, H. Fábricas de conhecimento: o que são, como funcionam e para que servem as universidades públicas de pesquisa. **Jornal da USP**, 5 abr. 2019.

FELIPPES, B. A.; AGUIAR, J.G.; DINIZ, A.C.G.C. sistema da qualidade em laboratórios universitários: incentivo ao ensino, pesquisa e extensão. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.30, n.2, 2011.

GERALDINO, B. R.; NUNES, R. F. N.; GOMES, J. B.; POÇA, K. S.; GIARDINI, I.; SILVA, P. V. B.; SOUZA, H. L.; OTERO, U. B.; SARPA, M. Evaluation of exposure to toluene and xylene in gasoline station workers. **Advances in Preventive Medicine**, v. 2021, e.5553633, 2021.

GERRING, J. **Pesquisa de estudo de caso: princípios e práticas**. São Paulo: Vozes, 2019.

GONÇALEZ, J. C.; SANTOS, G. L.; SILVA JÚNIOR, F. G.; MARTINS, I. S.; COSTA, J. A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.

IRAWAN, B.; DARMAWAN, A.; ROESYADI, A.; PRAJITNO, H. Improving reaction selectivity with NaOH charges and reaction time in the medium consistency oxygen delignification process. **International Journal of Technology**, v. 11, n. 4, p. 764, 2020.

KAUR, D.; BHARDWAJ, N. K.; LOHCHAB, R. K. Effect of incorporation of ozone prior to ECF bleaching on pulp, paper, and effluent quality. **Journal of Environmental Management**, v. 236, p. 134–145, abr. 2019.

LENGOWSKI, E. C.; BONFATTI JÚNIOR, E. A.; KUMODE, M. M. N.; CARNEIRO, M. E.; SATYANARAYNA, K. G. Nanocellulose in the paper making. In: INAMUDDIN, I.; THOMAS, S.; MISHRA, R. K.; ASIRI, A. M. (Ed.). **Sustainable Polymer Composites and Nanocomposites**. Chan: Springer, 2019. p. 1027-1066.

OLIVEIRA, R. C. P.; MATEUS, M.; SANTOS, D. M. F. Chronoamperometric and chronopotentiometric investigation of kraft black liquor. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 43, n. 35, p. 16817-16823, 2018.

NIOSH - NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Hierarchy of Controls**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html> Acesso em: 20 de maio 2023.

NIVOLIANITOU, Z.; KONSTANDINIDOU, M.; MICHALIS, C.; Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). **Journal of Hazardous Material**, A137, p. 1–7 2006.

PETROBRAS. N-2782 **Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais**. N-2782., 2015a.

PETROBRAS N-2595. Petrobras Internal Standard N-2595, Specification for Project and Maintenance of Safety Instrumented Systems in Industrial Unities. [S.l.], 2015b.

ROBUSTI, C.; VIANA, E. F.; FERREIRA JÚNIOR, F.; GOMES, I. **Papel**. São Paulo: SENAI, 2014.

SANTOS, R. B.; CAPANEMA, E. A.; BALAKSHIN, M. Y.; CHANG, H.; JAMEEL, H. Lignin structural variation in hardwood species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 19, p. 4923-4930, 2012.

SEGURA, T. E. S.; SANTOS, J. R. S.; SARTO, C.; SILVA JÚNIOR, F. G. Effect of kappa number variation on modified pulping of *Eucalyptus*. **Bioresources**, v. 11, n. 4, p. 9842-9855, 2016.

SEHGAL, N. J.; MILTON, D. K. Applying the hierarchy of controls: what occupational safety can teach us about safely navigating the next phase of the global COVID-19 pandemic. **Frontiers in Public Health**, v. 29, e747894, 2021.

SILVA, R. R.; GAUCHE, R.; BAPTISTA, J. A.; SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. & MACHADO, P. F. L. Laboratório de pesquisas em ensino de química da universidade de

Brasília – LPEQ/UnB: concepções, relatos e reflexões. **Revista Virtual de Química**, v.3, n.1 2011.

SMOOK, G. **Handbook for pulp and paper technologists**. 4. ed. Atlanta: TAPPI Press, 2016.

SWINEHART, G. **Fundamentals of refining**. Richmond: MeadWestvaco Center for Packaging Innovation, 2012.

TAVARES, José da Cunha. **Noções de Prevenção e Controle de Perdas em Segurança do Trabalho**. 9. ed. São Paulo. 176p.

TIAN, X.; FANG, Z.; SMITH JUNIOR, R. L.; WU, Z.; LIU, M. Properties, Chemical Characteristics and Application of Lignin and Its Derivatives. In: FANG, Z.; SMITH JUNIOR, R. L. (Ed.). **Production of Biofuels and Chemicals from Lignin**. Singapore: Springer, 2016. p. 3-34.

TORLONI, M. **Programa de proteção respiratória**. 4. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2016.

VERÍSSIMO, C. **NR-13: Caldeiras, Vasos De Pressão E Tubulações**. São Paulo: Clube de Autores, 2018.

ZAKZESKI, J.; BRUIJNINCX; P. C. A.; JONGERIUS, A. L.; WESCKHUYSEN, B. M. The catalytic valorization of linin for the production of renewable chemicals. **Chemical Reviews**, v. 110, p. 3552-3599, 2010.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.