

## Application of Cleaner Production (CP) to improve waste management in paper pre-printing process - a case study in a Curitiba packaging company

### Aplicação da Produção Mais Limpa (P+L) para melhoria da gestão de efluentes em processo de pré-impressão de bobinas de papel - um estudo de caso em uma empresa de embalagens de Curitiba

Article Info:

Article history: Received 2021-06-30 / Accepted 2021-08-09 / Available online 2021-08-09

doi: 10.18540/jcecv17iss3pp12798-01-15e

**Giovanna Grillón**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5919-0481>

Universidade Federal do Paraná, Brazil

E-mail: [giovanna.grillon98@gmail.com](mailto:giovanna.grillon98@gmail.com)

**Marcell Mariano Corrêa Maceno**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6762-8236>

Universidade Federal do Paraná, Brazil

E-mail: [marcell.maceno@ufpr.br](mailto:marcell.maceno@ufpr.br)

**Matheus Tavares Lacerda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6732-0234>

Universidade Federal do Paraná, Brazil

E-mail: [matheus\\_mtl@hotmail.com](mailto:matheus_mtl@hotmail.com)

**Marcelo Vitor Fiatkoski**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8210-9944>

Universidade Federal do Paraná, Brazil

E-mail: [marcelo.fiat72@gmail.com](mailto:marcelo.fiat72@gmail.com)

#### Resumo

A demanda mundial por água tem aumentado por diferentes razões, tais como mudanças nos padrões de consumo da população, e mesmo pelo aumento do ritmo de produção dos mercados. Além disso, a escassez hídrica vivida por muitos países, dentre eles o Brasil, faz ressaltar a necessidade de uso consciente e preservação do recurso água, seja pelas pessoas ou pelas empresas. Desta forma, o presente artigo teve como objetivo elaborar um plano de ação para a falta de tratamento dos efluentes gerados pelo processo de pré-impressão de bobinas de papel, realizado em uma grande empresa de embalagens em Curitiba. Conduzido pela metodologia Produção Mais Limpa (P+L), cumpriram-se seis etapas para chegar ao resultado final: realizar o plano de ação para a implementação da oportunidade de melhoria selecionada. Desta forma, após a execução do plano de ação, espera-se reutilizar 95% da água proveniente do efluente tratado e reduzir o consumo hídrico da fábrica em 2,45% por mês. Assim, pretende-se atingir nível 2 da metodologia Produção Mais Limpa, o que reduziria o impacto ambiental causado pelo efluente oriundo do processo de pré-impressão de bobinas de papel.

**Palavras-chave:** Efluentes industriais. Produção Mais Limpa. Água.

#### Abstract

The world demand for water has increased for different reasons, such as changes in the consumption patterns of the people, and even the increase in market production. In addition, the water scarcity experienced by many countries, including Brazil, highlights the need for conscientious use and preservation of the water resource, whether by people or companies. Thus, this paper aimed to propose improvements for the lack of effluent treatment generated by the paper roll prepress process in a large packaging company Curitiba. Then, driven by the Cleaner Production (CP) methodology, take a few steps to reach the result: carry out the action plan to execute the selected improvement opportunity. Thus, after implementing the action plan, it is expected to reuse 95% of the water from

the treated effluent and reduce the plant's water consumption by 2.45% per month. Thus, the aim is to achieve level 2 of the cleaner production methodology or reduce the environmental impact caused by the effluent from the paper roll prepress process.

**Keywords:** Industrial effluents. Cleaner production. Water.

## 1. Introdução

As questões hídricas mundiais têm sido motivo de preocupação e discussão nos diferentes níveis da sociedade. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a demanda de água mundial deve aumentar em 50% até 2030 (SILVA *et al.*, 2018). No Brasil, de acordo com dados oficiais do Informe de Conjuntura dos Recursos Hídricos Nacionais (ANA, 2019a), nas últimas duas décadas a demanda de água teve um acréscimo de 80%, e existe uma previsão de elevação do consumo em 30% até 2030.

A evolução das vazões de retirada de água para utilização da indústria teve um aumento significativo em âmbito nacional. Entre os anos de 1940 e 2015, o volume de retirada passou de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>/s para 200 m<sup>3</sup>/s. Isso pode ser explicado pelo uso preponderante da água, que até a década de 1940 era direcionado para o abastecimento humano (rural e urbano) e a partir desse período, “com o processo de industrialização brasileira, passou a apresentar um aumento para o uso industrial até meados dos anos 1980, com posterior estagnação e retomada da expansão nos anos 2000” (ANA, 2018).

Atualmente, o setor industrial ocupa o quarto lugar em termos de retirada de água, estando atrás somente dos setores da Agricultura Irrigada, do Abastecimento Urbano e das Usinas Termelétricas. Em 2017 o Brasil retirou 2.083 m<sup>3</sup>/s de água. Desse total, a porção referente à retirada para uso na indústria correspondeu à 9,1%, o que equivale a 189,2 m<sup>3</sup>/s, de acordo com as estatísticas do Informe de Conjuntura de Recursos Hídricos Nacionais (ANA, 2019b).

Nem toda a água retirada para determinado uso é efetivamente consumida. O relatório mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Recursos Hídricos, estima que as extrações globais de água sejam de 3.928 km<sup>3</sup> por ano (UNESCO, 2020a). Deste valor, estima-se que 44% (1.716 Km<sup>3</sup> por ano) sejam realmente consumidos e o restante, equivalente a 56% (2.212 Km<sup>3</sup> por ano), devolvidos ao meio ambiente como águas residuais, na forma de efluentes urbanos, industriais e água de drenagem agrícola. No setor industrial, uma estimativa realizada pela UN Environment (2018) sugere que os volumes das águas residuais industriais irão dobrar até 2025.

Grande quantidade das águas retornadas ao meio ambiente não possui tratamento algum. Dados do estudo de Sato *et al.* (2013) apontam que países de alta renda tratam em torno de 70% das águas residuais que produzem, caindo para 38% nos países de renda média-alta, 28% nos países de renda média-baixa e apenas 8% em países de baixa renda. Esses dados embasam as estimativas em âmbito global de que mais de 80% das águas residuais são despejadas no meio ambiente sem tratamento adequado (UNESCO, 2020b).

Negligenciar a gestão das águas devolvidas ao meio ambiente, de acordo com o Connor *et al.* (2018), pode causar impactos negativos na sustentabilidade do abastecimento de água, na saúde humana, na economia e no meio ambiente. Em relação à qualidade da água, encontra-se entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (2015) o Objetivo 6, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Entre as metas presentes no ODS 6, existem as metas 6.3 e 6.4 relacionadas ao tratamento das águas residuais.

Em resumo, a meta 6.3, visa avaliar as condições da qualidade e da quantidade de água disponível de um país, enquanto a meta 6.4, objetiva melhorar a eficiência do uso dos recursos hídricos em todos os setores (ONU, 2015). De acordo com o Relatório ODS 6 elaborado no Brasil pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2019b), no que diz respeito às indústrias, a implantação de processos de reuso da água e de tecnologias mais eficientes resulta na melhoria da eficiência do uso da água.

Especificamente para a indústria de papel, pode-se dizer que ela apresenta um alto consumo de água ao longo de seu processo produtivo (MERIZALDE *et al.*, 2019, CASAGRANDE *et al.*,

2019). Estudos obtidos da literatura realizaram estudos com o intuito de buscar ações melhoria de uso e consumo de água na indústria de papel. Dentre eles, podem ser destacados: Millek *et al.* (2021) propuseram utilização de tratamento UV para desinfecção e reuso da água da indústria de papel; Casagrande *et al.* (2019) utilizaram o Lean Seis Sigma para priorização de ações de reuso na fabricação de papel Tissue. Por fim, Moura *et al.* (2020) utilizaram o método Water Source Diagram para definição de ações de reuso na produção de papel e celulose.

Ou seja, estes estudos mostram diversidade no uso de metodologias para busca de ações de melhoria na indústria de papel. Dentre as metodologias existentes para auxiliar as empresas a reduzir os impactos ambientais causados pela ineficiência de seus processos produtivos, tem-se a Produção Mais Limpa (P+L) proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Organização pelo Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO), de acordo com Santos *et al.* (2020). A Produção mais Limpa consiste em uma aplicação contínua de uma “estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo” (SENAI.RS, 2013, p.10).

A busca da literatura não retornou artigos que utilizaram a P+L para proposição de ações de melhoria no uso de consumo de água em indústrias de produção de papel reciclado. É diante desse cenário que o presente trabalho pretende atuar. Fundamentado nos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU e conduzido pela metodologia de Produção Mais Limpa, o artigo visa propor melhorias para a falta de tratamento das águas residuais geradas pela limpeza de peças do processo pré-impressão de bobinas de papel, realizado em uma grande empresa de embalagens em Curitiba.

## 2. O consumo de água e a geração de efluentes em indústrias de papel e celulose

O setor de papel e celulose do Brasil é um ramo da indústria do agronegócio de base florestal que tem mostrado enorme crescimento no país a partir dos anos 1970 (CGEE, 2019). De acordo com o relatório anual da IBA (Indústria Brasileira de Árvores) (2019) do total de 7,83 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil em 2018, 36% pertence às empresas do segmento de celulose e papel.

Dados do Panorama Setorial – Indústria de Celulose, Papel, Embalagens e Artefatos de Papel (FIEP/SINPACEL, 2017) apontam que a indústria nacional de papel ocupa a 7ª posição no *ranking* internacional dos maiores produtores. Ao mesmo tempo que o mercado cresce, aumentam as preocupações ambientais, visto que os processos produtivos relacionados à indústria de papel e celulose são bastante agressivos ao meio ambiente. No que diz respeito ao consumo de água, o relatório CGEE (2019) aponta que existe um elevado consumo por produto, chegando a 45 m<sup>3</sup> de água por tonelada de celulose e de até 15 m<sup>3</sup> por tonelada de papel.

Em consequência da grande quantidade de consumo de água, efluentes industriais são gerados em grandes proporções por esse setor. De acordo com Rogers *et al.* (2018), imensas variedades de substâncias são identificadas nos efluentes líquidos provenientes da fabricação de papel e celulose, destacando-se compostos químicos do licor de cozimento, sólidos suspensos, matéria orgânica dissolvida, compostos organoclorados, metais pesados, ácidos e resinas.

A pesquisa apresentada por Bachmann (2009) sobre *Benchmarking* ambiental na indústria de celulose e papel, revela que o consumo específico de água nessas indústrias integradas, o qual é calculado pela razão entre o volume de água (m<sup>3</sup>) e a produção em toneladas (t), possui uma média geral de 115,6 m<sup>3</sup>/t. Em relação à geração de efluentes líquidos, a pesquisa de Bachmann (2009) aponta que o volume de efluentes em fábricas integradas de papel e celulose alcança uma média de 90,2 m<sup>3</sup>/t.

Além da fabricação de papel e celulose, as indústrias do segmento possuem produtos que compõem o mercado de embalagens, de produtos de higiene e beleza e de papéis para imprimir e escrever (NAÇÕES UNIDAS, 2015). Ao dividir o mercado de papel em diferentes categorias, segundo FIEP/SINPACEL (2017), é possível verificar que os papéis para embalagem representam

56% da produção total de papel, seguido pela produção de papel para imprimir e escrever, que responde por 25%.

De acordo com a FIEP/SINPACEL (2017) à medida que a cadeia se amplia, outras importantes indústrias são inseridas, que por sua vez, podem se interligar com outros segmentos industriais dentro ou fora desta cadeia. Este é o caso da fábrica em estudo, na qual faz parte da produção de sacos multifoliados a etapa de pré-impressão de bobinas de papel por meio da utilização do processo de flexografia.

No que diz respeito ao setor de tintas e impressão, de acordo com Yamanaka *et al.* (2006), a água é o recurso natural mais empregado, sendo considerável parcela incorporada ao produto e parte empregada nas operações de limpeza e lavagem de máquinas, equipamentos e instalações industriais. Desta forma, a maior fonte de geração de efluentes está nas operações de lavagem entre lotes de cores diferentes, como ocorre com o processo de pré-impressão de bobinas de papel da fábrica em estudo. Esses efluentes gerados contêm altas concentrações de solventes e sólidos suspensos, geralmente coloridos, que requerem tratamento (Yang *et al.*, 2020).

Como forma de evitar o despejo desses efluentes em corpo hídrico receptor, as águas de lavagem podem ser reutilizadas em outras partes da fábrica, sendo as alternativas mais comuns a limpeza de pisos, reserva para combate a incêndios, lavagem de fachadas, processo de resfriamento de equipamentos entre outras alternativas, como sugere Prieto *et al.* (2016). Neste cenário, o presente estudo de caso tem por objetivo propor melhorias para a falta de tratamento das águas residuais geradas pelo processo de pré-impressão de bobinas de papel, e utilizará como base a metodologia Produção Mais Limpa, que será contextualizada no item a seguir.

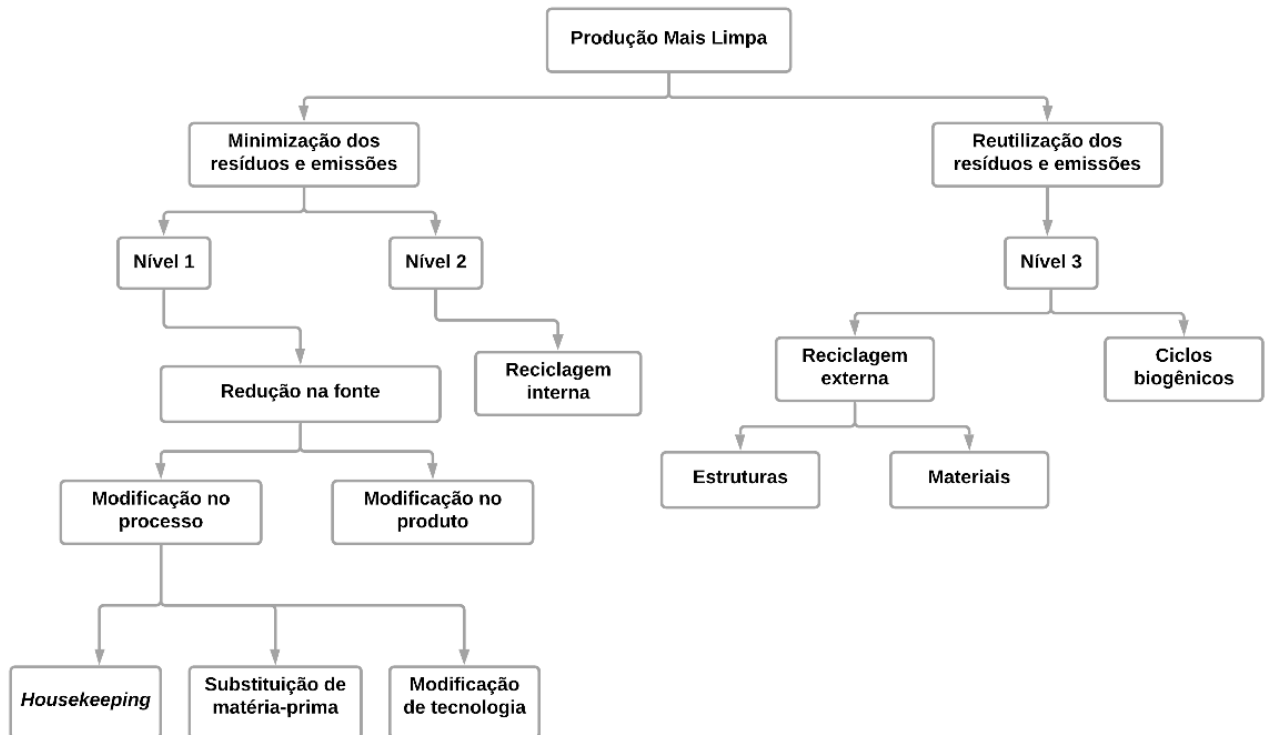
### 2.1 Produção Mais Limpa (P+L)

A Produção Mais Limpa é uma metodologia pautada na aplicação de estratégias técnicas, econômicas e ambientais, com o objetivo de aumentar a eficiência do processo produtivo por meio da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões geradas. De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, esta abordagem incentiva a inovação nas empresas, direcionando-as ao desenvolvimento econômico sustentado e competitivo, não apenas para elas, mas para toda a região que abrangem (SENAI.RS, 2013).

Diferentemente das técnicas denominadas de fim de tubo, nas quais a ação predominante é atuar de forma corretiva na disposição dos resíduos e emissões resultantes dos processos produtivos, a Produção Mais Limpa objetiva o estudo direcionado para a causa geradora, privilegiando ações voltadas para a prevenção e minimização que impactaram na eficiência do uso dos recursos utilizados no processo, como matéria prima, água e energia (SENAI.RS, 2013).

Para integrar os objetivos ambientais aos processos produtivos e reduzir os resíduos e as emissões em termos de quantidade e periculosidade, a metodologia Produção Mais Limpa utiliza estratégias que são divididas em três níveis, como mostra a Figura 1.

De acordo com Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, a Produção Mais Limpa prioriza o nível 1 da Figura 1: evitar a geração de resíduos e emissões. Os resíduos que não podem ser evitados devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa, por meio da reciclagem interna (nível 2). Na impossibilidade de tratamento interno, medidas de reciclagem externa podem ser utilizadas (nível 3) (SENAI.RS, 2013).



**Figura 1 - Estrutura da Metodologia Produção Mais Limpa. (Adaptado SENAI.RS, 2013).**

Apesar da complexidade da metodologia, que exige mudanças no processo produtivo e a implementação de novas tecnologias, ela permite uma redução permanente dos custos gerais, incorporando os ganhos ambientais, econômicos e de saúde ocupacional (SENAI.RS, 2013).

### 3. Metodologia

Metodologicamente, este trabalho pôde ser classificado, de acordo com Sampieri *et al.* (2013), quanto à abordagem como pesquisa quantitativa, devido à mensuração e análise de dados, quanto à natureza como aplicada, por objetivar a solução de problemas específicos, quanto aos objetivos como exploratória, por formular hipóteses e quanto aos procedimentos como estudo de caso, por salientar uma unidade definida para estudo.

A sequência proposta para a condução do presente estudo de caso foi baseada na metodologia P+L e compreende os seguintes passos: Definição de objetivo e área de estudo; Diagnóstico; Oportunidades alternativas; Avaliação das oportunidades alternativas; Seleção de oportunidade de melhoria; Plano de ação.

#### 3.1 Definição de objetivo e área de estudo

O presente trabalho foi realizado em uma fábrica de sacos multifoliados, a qual pertence ao ramo das indústrias de papel e celulose. A indústria em estudo está localizada na cidade de Curitiba (PR), sendo composta pela fabricação de papel e celulose, sacos multifoliados e papelão ondulado.

Em relação à fábrica de embalagens de sacos multifoliados, o processo é caracterizado pela produção em massa com grandes lotes de fabricação devido à variada carteira de produtos. Para fabricar o produto final, são utilizados componentes provenientes das etapas de submontagem, descritas no Quadro 1. Após a produção dos componentes, os mesmos são encaminhados para a linha de produção final, descrito no Quadro 2.

**Quadro 1 - Processos de Submontagem.**

Entrada	Processo de Submontagem	Saída
Bobinas de papel e tinta	Pré-impressão	Bobina de papel impressas
Bobinas de papel e bobinas plásticas	Laminação	Bobina final laminada com papel e plástico
Bobina de papel	Refile	Bobina refiladas para formação de válvula e reforço de embalagem

**Quadro 2 - Linha de Montagem Final.**

Entrada	Linha de Montagem Final	Saída
Boninas pré-impressas e bobinas laminadas	Tubeiras	Tubos
Tubos e bobinas de válvulas	Coladeiras	Sacos multifoliados

Entre o fluxo de produção, existe a área de Apoio, a qual é responsável pela preparação das peças utilizadas nos *setups* das máquinas. Entre as atividades do Apoio, está a limpeza das peças provenientes do processo de pré-impressão de bobinas de papel, as quais são cobertas de tinta. Essa limpeza é realizada em uma sala específica, e a água residual gerada por essa atividade é armazenada em tanques e enviada para o coprocessamento externo.

Nesse contexto, um grande problema evidenciado na empresa é justamente a falta de tratamento para esses efluentes e a necessidade do seu envio para o coprocessamento externo, pois além dessa destinação ser paga, o efluente poderia ser tratado e a água reutilizada na fábrica.

**3.2 Diagnóstico**

De modo a configurar o estudo de caso, foram realizadas observações *in loco* durante os meses de abril e maio de 2019. A primeira observação ocorreu no dia 17 de abril, às 16h, com a presença da engenheira ambiental da fábrica e do professor orientador do presente trabalho, autor 1, os quais, junto aos demais autores, formaram a Equipe de Trabalho. No primeiro contato com a engenheira, foi elucidado o problema da falta de uma estação de tratamento para efluentes de água com tinta, provenientes do processo de pré-impressão de bobinas de papel da fábrica de Sacos Multifoliados. Em compensação, havia uma estação de tratamento destinada às águas residuais de tinta originárias da fábrica de Papelão Ondulado.

Para compreender a questão da ausência de uma estação de tratamento de efluentes para a fábrica de Sacos Multifoliados, foi necessário estudar o ciclo da água utilizada na fábrica. Primeiramente, o espaço físico do setor de limpeza de peças foi examinado e foi possível determinar a divisão do local, o qual dispõe de duas salas: a primeira utilizada para lavagens de peças com resíduos de tinta e a segunda para lavagem de peças com resíduos de cola. Essa diferenciação ocorre, pois, os efluentes de tinta são encaminhados para o coprocessamento externo, enquanto os efluentes de cola são tratados no local e reutilizados no processo de fabricação de cola da fábrica.

Na próxima etapa da visita, foi realizado o levantamento do ciclo de entrada e saída de água no setor de limpeza. Nesse setor, além de ser realizada a limpeza *in loco* de peças com resíduos de tinta e cola, também se despeja a água utilizada na limpeza diária de todas as máquinas da fábrica. A água proveniente das máquinas que contêm peças com tinta é incorporada à água que é destinada ao coprocessamento, enquanto o restante da água é abarcado àquela que irá ser tratada e reutilizada.

A última etapa da observação do dia 17 de abril, foi conhecer a estação de tratamento de efluentes da fábrica de Papelão Ondulado, no qual trata-se a água residual do processo de impressão de chapas de papelão. O efluente é tratado por meio da técnica de flotação, a qual faz com que a borra de tinta se eleve até a superfície, podendo assim ser removida da água. Nessa estação, a borra de tinta é armazenada para ser enviada para o coprocessamento externo e a água é reutilizada para limpeza das máquinas e do piso dentro da fábrica.

Na sequência, foram realizadas coletas de dados durante o mês de maio. As coletas de dados dividiram-se em três estágios, sendo eles: observação *in loco* do processo de pré-impressão de bobinas; estudo do manual de processo da sala de limpeza; e estratificação do volume de água consumido na fábrica e do volume enviado para o coprocessamento externo durante o período de um ano.

Observação *in loco* do processo de pré-impressão de bobinas: nessa etapa foi acompanhado todo o trabalho de limpeza das máquinas impressoras, pois são elas que utilizam tinta ao longo do processo produtivo. Existem na fábrica quatro impressoras, sendo três de grande porte (impressoras com tamanho de bobina folha inteira) e uma de menor porte (impressora com tamanho de bobina meia inteira). Durante as entrevistas realizadas com os operadores de cada uma das máquinas (total de 8 operadores), foram coletados dados relativos aos produtos químicos utilizados para limpeza das peças com tinta, sendo estes dados relativos ao tipo de composto químico e a sua respectiva quantidade. Essas informações contribuíram para identificar os insumos de entrada e saída do processo de limpeza das máquinas, tais como água, solventes, detergente e tintas.

Estudo do manual de processo interno (fluxo de processo) da sala de limpeza: para caracterizar os materiais utilizados na limpeza de peças realizada no setor, foi necessário ler e estudar o manual de processo. Nessa etapa foram extraídas informações que contribuíram para finalizar a identificação de toda entrada e saída de substâncias que configuram o efluente enviado para o coprocessamento externo.

Estratificação do volume de água consumido na fábrica e do volume enviado para o coprocessamento externo: os dados coletados nessa etapa compreendem o período de um ano, entre o mês de abril de 2018 e abril de 2019, e foram fornecidos pela engenheira ambiental da fábrica. Essas informações contribuíram para quantificar o volume de água consumido na fábrica e o volume de efluentes enviado para o coprocessamento. Assim, foi possível realizar um balanço entre o custo com o consumo de água da fábrica e o custo de destinação dos efluentes para o coprocessamento externo.

Com a estratificação de todas as informações necessárias referentes ao fluxo da água, finalizou-se a etapa do diagnóstico do problema, sendo ele a falta de uma estação de tratamento de efluentes para a água residual proveniente do processo de pré-impressão de bobinas de papel da fábrica de Sacos Multifoliados.

### 3.3 Oportunidades Alternativas

Com a falta de uma estação própria para tratamento de efluentes e a dependência do coprocessamento externo para a disposição final, fez-se necessário levantar oportunidades alternativas para o tratamento da água residual de tinta da fábrica de Sacos Multifoliados.

As alternativas foram definidas por meio de um *brainstorming* entre Equipe de Trabalho, no qual foram levantadas possíveis oportunidades de melhoria para o solucionar o problema da falta de tratamento das águas residuais originárias do processo em estudo.

### 3.4 Avaliação das Oportunidades Alternativas

Para avaliar as oportunidades alternativas, foram considerados os aspectos técnicos, ambientais e econômicos de cada uma das possibilidades, como prevê a metodologia Produção Mais Limpa. Considerando as informações disponíveis para o estudo e os interesses da empresa, optou-se por realizar avaliações qualitativas das oportunidades de melhoria apresentadas. Deste modo, a Equipe de Trabalho abordou dois itens para cada um dos aspectos técnico, ambiental e econômico. O quadro 3 exibe os itens utilizados para a avaliação.

**Quadro 3 - Aspectos Utilizados para a Avaliação das Oportunidades de Melhoria.**

<b>Técnico</b>	Necessidade de mudanças no processo de tratamento de efluentes	Transporte do efluente a ser tratado
<b>Ambiental</b>	Qualidade do efluente após tratamento	Atendimento aos níveis da P+L: não geração, minimização, reciclagem interna e externa do efluente
<b>Econômico</b>	Investimento inicial e custos operacionais	Economia com a implantação da melhoria

Em relação ao aspecto técnico, foram levantados os itens “impactos sobre o processo de tratamento de efluentes” e “transporte do efluente a ser tratado” pois a empresa definiu que não seria possível realizar ações que demandariam alterações em processos já existentes, como, por exemplo, a estação de tratamento da fábrica de papelão ondulado.

Em relação ao aspecto ambiental, os itens foram definidos com base no objetivo de reduzir o impacto gerado pelo não tratamento do efluente, como propõe a metodologia P+L. Isto significa melhorar a qualidade da água por meio de tratamentos que possibilitem a sua reutilização interna, promovendo um destino mais nobre para o efluente do que a sua disposição final no coprocesso externo.

Já em relação ao aspecto econômico, foram levados em consideração o investimento inicial e os custos operacionais, de modo que os mesmos fossem compensados com a economia gerada pela implantação da oportunidade de melhoria devido à reutilização e redução do consumo de água.

Deste modo, com base nos aspectos descritos acima, foram realizadas as análises para a seleção da oportunidade de melhoria.

### 3.5 Seleção da Oportunidade de Melhoria

A alternativa escolhida será aquela que apresentar a melhor condição técnica, com maiores benefícios ambientais e econômicos após as análises realizadas na etapa de avaliação das oportunidades alternativas.

### 3.6 Plano de Ação

Para a execução e controle da implantação da oportunidade de melhoria selecionada, foi utilizada a metodologia 5w2h, definida pela ENDEAVOR (2020) como “um *checklist* de atividades específicas que devem ser desenvolvidas com o máximo de clareza e eficiência por todos os envolvidos em um projeto”. Além disso, de acordo com SEBRAE, essa metodologia serve para a tomada de decisão sobre os principais elementos que orientarão a implementação do plano de ação (Neves *et al.*, 2018).

Os caracteres que compõem a sigla 5w2h são as iniciais das sete diretrizes da metodologia, sendo elas: 5W: *What* (o que será feito?) – *Why* (por que será feito?) – *Where* (onde será feito?) – *When* (quando?) – *Who* (por quem será feito?); 2H: *How* (como será feito?) – *How much* (quanto vai custar?)

No presente artigo, as sete perguntas foram utilizadas para executar o plano de ação. Com as respostas resultantes das perguntas em questão, foi possível determinar a ação que deve ser executada, a justificativa dos motivos e objetivos, a definição do responsável pela execução do plano, o local onde será executada, o cronograma sobre quando ocorrerá a implantação da ação, a explicação sobre como será executada a ação e uma estimativa de quanto irá custar a sua implantação.

## 4. Apresentação dos resultados

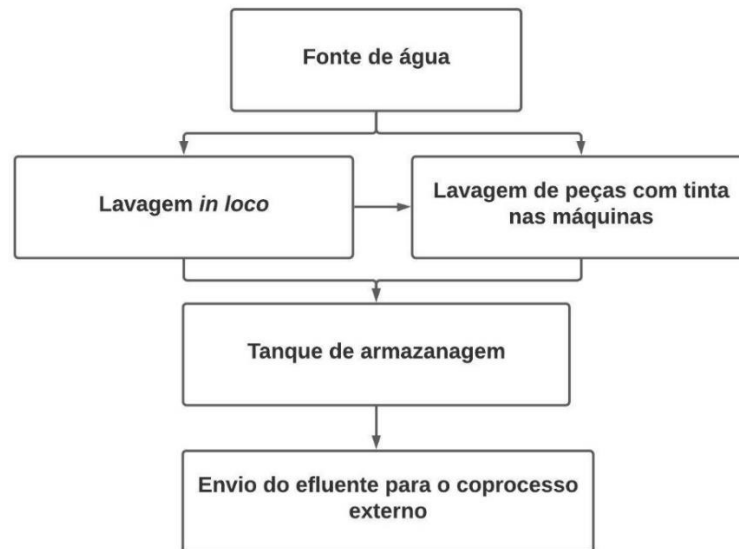
### 4.1 Definição de objetivo e área de estudo

Evidenciado o problema na primeira etapa do estudo de caso, o objetivo escolhido foi propor melhorias para falta de tratamento das águas residuais geradas pela limpeza de peças provenientes do processo de pré-impressão de bobinas de papel da fábrica de sacos multifoliados.

#### 4.2 Diagnóstico

Com as informações obtidas por meio das observações *in loco*, delineou-se o fluxo qualitativo da água referente ao processo de lavagem de peças com resíduos de tinta, desde a sua fonte até a disposição final, é representado pela Figura 2.





**Figura 2 - Fluxo da Água Utilizada para a Limpeza de Peças com Tinta.**

Quanto aos dados de entrada e saída de água, a empresa os forneceu para a Equipe de Trabalho. A Tabela 1 exibe o volume de água consumido na fábrica de Sacos Multifoliados no período em análise.

**Tabela 1 - Consumo de Água na Fábrica de Sacos Multifoliados.**

Mês	Abr 2018	Mai 2018	Jun 2018	Jul 2018	Ago 2018	Set 2018	Out 2018	Nov 2018	Dez 2018	Jan 2019	Fev 2019	Mar 2019	Abr 2019
<b>SANEPAR (m<sup>3</sup>)</b>	1.549	1.620	1.507	1.501	1.662	1.736	1.314	1.555	1.440	1.451	1.436	1.546	35
<b>Poço (m<sup>3</sup>)</b>	721	778	439	410	377	381	352	352	311	365	199	1.002	764
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	2.270	2.398	1.946	1.911	2.039	2.117	1.666	1.907	1.751	1.816	1.635	2.548	799

Com essas informações, calculou-se o volume total de água consumido no período e a média de consumo mensal, sendo esses valores 24.803,00 m<sup>3</sup> e 1.907,92 m<sup>3</sup>, respectivamente. Como a entrada de água é mensurada em metro cúbico (m<sup>3</sup>) e a água residual de tinta enviada para o coprocesso em tonelada (t), foi necessário converter o volume de entrada de água para a grandeza massa. A conversão foi possível com a utilização da fórmula da densidade uniforme, calculada por meio da razão entre a massa e o volume do efluente. Conhecendo o volume de consumo e a densidade da água, a qual possui seu valor tabelado e corresponde à 1.000 kg/m<sup>3</sup>, calculou-se a massa de água consumida no período, apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2 - Conversão de Metros Cúbicos para Toneladas de Água Consumida.**

Análise	Massa específica da água (Kg/m <sup>3</sup> )	Volume consumindo (m <sup>3</sup> )	Massa (Kg)	Massa (t)
Total	1.000,00	24.803,00	24.803.000,00	24.803,00
Média mensal		1.907,92	1.908.923,08	1.907,92

Em relação à água residual derivada da central de lavagem de peças com tinta, a informação obtida pela empresa revela que a empresa paga R\$ 235,00 por tonelada para enviar esse material para o coprocesso externo. A Tabela 3 exibe a quantidade de saída do processo de lavagem e o custo de destinação do efluente.

**Tabela 3 - Quantidade mensal de Efluentes Enviados ao Coprocessamento e o Custo de Destinação.**

Mês	Saída (t)	Custo de destinação (R\$)
abr/18	70,77	16.630,95
mai/18	36,98	8.690,30
jun/18	63,43	14.906,05
jul/18	47,92	11.261,20
ago/18	60,05	14.111,75
set/18	26,32	6.185,20
out/18	47,46	11.153,10
nov/18	49,86	11.717,10
dez/18	32,82	7.712,70
jan/19	26,39	6.201,65
fev/19	53,02	12.459,70
mar/19	48,65	11.432,75
abr/19	44,96	10.565,60

Desta forma, o montante enviado ao coprocessamento é de 608,63 t, com um custo total de destinação do efluente de R\$143.028,05, analogamente, tem-se como média enviada ao coprocessamento de 46,82 t e custo médio do período para a destinação do efluente de R\$11.002,16.

A última etapa do diagnóstico foi identificar os insumos de entrada e saída dos processos de lavagem que envolvem peças com tinta, os quais são exibidos no Quadro 4, sendo possível caracterizar a composição da água residual enviada para o coprocessamento e levantar possíveis oportunidades alternativas para o seu tratamento.

**Quadro 4 - Insumos dos Processos de Lavagem de Peças com Tinta.**

Processo	Entrada	Saída
Lavagem <i>in loco</i>	Água	Água
	Tinta	Tinta
	Solvente	Solvente
	Ácido Fórmico	Ácido Fórmico
Limpeza das máquinas que contêm peças com tinta	Água	Água
	Tinta	Tinta
	Sabão em pó	Sabão em pó
	Detergente	Detergente
	Base Anilox	Base Anilox

#### 4. Oportunidades Alternativas

Com base nos dados coletados nas etapas anteriores, a Equipe de Trabalho realizou um *brainstorming* que deu origem a três oportunidades de melhorias, descritas a seguir:

Oportunidade nº 1: continuar com o envio do efluente sem tratamento para o coprocessamento externo, arcando com as despesas deste envio e com o risco de problemas com o vazamento do efluente ao longo do transporte.

Oportunidade nº 2: enviar o efluente de tinta para a estação de tratamento da fábrica de Papelão Ondulado, situada no mesmo parque industrial. Os efluentes das duas fábricas seriam misturados e tratados em conjunto, visto que possuem a mesma composição química. A fase sólida seria enviada para o coprocessamento, em menor massa se comparada à situação atual, enquanto a água seria reutilizada

para outros fins, como por exemplo, para a limpeza do chão das fábricas e para a produção interna de cola.

Oportunidade nº 3: implementar uma estação de tratamento própria para os efluentes de tinta da fábrica de Sacos Multifoliados. A estação seria um decantador que utiliza o processo de sedimentação para remover a borra de tinta (sólidos suspensos) da água. A implementação dessa estação seria próxima à saída de efluentes da sala de limpeza. A água resultante do tratamento poderia ser reutilizada para outras atividades, como na limpeza da fábrica e na fabricação de cola local, enquanto a borra de tinta poderia ser enviada para o coprocessamento externo em menor quantidade e em um estado físico mais sólido do que o cenário atual.

### 5.1 Avaliação das oportunidades alternativas

As avaliações das oportunidades de melhoria foram realizadas pela Equipe de Trabalho de acordo com os aspectos técnico, ambiental e econômico, conforme já citado na metodologia deste estudo.

Oportunidade Número 1: continuar com o envio do efluente sem tratamento para o coprocessamento externo, com isso não há mudanças no processo existente. Em relação ao aspecto técnico, foram levantados os seguintes itens:

- Não necessidade de mudança no processo: isto se deu, pois, permanecer com o envio do efluente para o coprocessamento externo não implicaria em mudanças no processo já existente;
- O transporte de efluente não seria alterado: assim como o processo não seria alterado, o transporte também permaneceria o mesmo.

Já em relação ao aspecto ambiental, as avaliações dos itens definidos foram:

- Falta de qualidade do efluente: como a oportunidade número 1 não dispõe de tratamento, a qualidade do efluente não seria alterada;
- Não atendimento à metodologia P+L: isto pode ser explicado pois permanecer com o envio do efluente para o coprocessamento externo não atende aos níveis da metodologia P+L, sendo eles a não geração, minimização, reciclagem interna e externa.

Quanto ao aspecto econômico, as avaliações dos itens definidos foram:

- Não necessidade de investimento inicial e não alteração dos custos operacionais: isto ocorreria pois não haveria mudanças no processo de envio para o coprocessamento externo e os custos operacionais permaneceriam os mesmos, sendo eles o custo pago pela destinação do efluente;
- Não haveria economia: isto se justifica, pois, ao manter o envio do efluente para o coprocessamento externo não seria possível reaproveitar a água internamente, o que não reduziria os gastos com o consumo hídrico da fábrica.

Oportunidade Número 2: enviar o efluente de tinta para a estação de tratamento da fábrica de papelão Ondulado, situada no mesmo parque industrial. Em relação ao aspecto técnico, as avaliações dos itens tratados foram:

- Necessidade de alteração no processo da ETE (estação de tratamento de efluente) existente: com a mistura dos efluentes de tinta das fábricas de papelão ondulado e de sacos multifoliados, o volume a ser tratado aumentaria e a densidade do efluente resultante seria diferente do efluente tratado inicialmente. Estas questões implicariam em um novo projeto da ETE para atender as características e a demanda dos efluentes após a mistura;
- ☐ Necessidade de implantação de um meio de transporte para o tratamento: isto ocorre devido à distância entre a sala de limpeza na qual o efluente é gerado e armazenado e à ETE da fábrica de papelão ondulado. Deste modo seria necessária a construção de tubulações para transportar o efluente do seu ponto de armazenagem até o seu tratamento.

Com relação ao aspecto ambiental, foram levantados os itens:

- Alteração da qualidade do efluente: devido ao tratamento realizado na ETE existente, a qualidade da água proveniente do efluente tratado permitiria a sua reutilização interna em processos de limpeza e fabricação de cola local;

- Atendimento à metodologia P+L: como a água resultante do efluente tratado poderia ser reutilizada em processos da fábrica, o nível 2 da metodologia P+L seria atingido, sendo ele a reciclagem interna, como é mencionado na revisão da literatura do presente estudo.

A respeito do aspecto econômico, foram avaliados os itens:

- Necessidade de investimento inicial: isto ocorre devido à necessidade de reprojetar a ETE existente, o que implicaria em custos para realizar as alterações impostas pela oportunidade de melhoria. Em contrapartida, os custos operacionais permaneceriam inalterados pois a mão-de-obra atual da ETE seria suficiente para realizar o tratamento;
- Economia com a implantação da melhoria: com o tratamento do efluente, somente a borra de tinta em pequena quantidade seria destinada ao coprocessamento externo e isto implicaria em uma significativa redução no custo de disposição desse resíduo. Além disso, com a reutilização da água em processos internos o custo com o consumo hídrico da fábrica também seria reduzido.

Oportunidade Número 3: implementar uma estação de tratamento própria para os efluentes de tinta da fábrica de Sacos Multifoliados. Em relação ao aspecto técnico, as avaliações quanto aos itens levantados foram:

- Necessidade de criação de um processo para tratamento de efluentes: isto ocorre devido à proposta de implementação de uma ETE própria para os efluentes de tinta da fábrica de sacos multifoliados. Desta forma, seria preciso a elaboração de projeto para instalação de uma ETE que melhor se adeque às características do efluente a ser tratado;
- Necessidade de transporte do efluente: apesar da instalação da ETE ser próxima à sala de limpeza de peças com tinta, seria necessário a instalação de tubulações para fazer a conexão entre o efluente e a estação de tratamento.

Quanto ao aspecto ambiental, as avaliações dos itens abordados foram similares aos da Oportunidade Número 2:

- Alteração da qualidade do efluente: devido à instalação da ETE, a qualidade da água proveniente do efluente tratado permitiria a sua reutilização interna em processos de limpeza e fabricação de cola local;
- Atendimento à metodologia P+L: como a água resultante do efluente tratado poderia ser reutilizada em processos da fábrica, o nível 2 da metodologia P+L seria atingido, sendo ele a reciclagem interna, como é mencionado na revisão da literatura do presente estudo.

Com relação ao aspecto econômico, das avaliações dos itens discutidos as conclusões foram:

- Investimento inicial e custos operacionais: devido à instalação de uma nova ETE na fábrica de sacos multifoliados, surgiriam os custos iniciais do projeto e da aquisição da estação bem como os custos de operação, pois haveria a necessidade de mão-de-obra para operar a ETE;
- Economia com a implantação da melhoria: de forma semelhante à Oportunidade Número 2, com o tratamento do efluente, somente a borra de tinta em pequena quantidade seria destinada ao coprocessamento externo, o que implicaria em uma significativa redução no custo de disposição desse resíduo. Além disso, com a reutilização da água em processos internos o custo com o consumo hídrico da fábrica também reduziria.

## 5.2 Avaliação das oportunidades alternativas

Analisando as oportunidades apresentadas no item 5.1, a alternativa com a maior viabilidade em termos dos aspectos técnicos, ambientais e econômicos é a oportunidade nº 3: implementar uma estação de tratamento própria para os efluentes de tinta da fábrica de Sacos Multifoliados.

Como o objetivo do trabalho é propor melhorias para a falta de tratamento das águas residuais provenientes do processo de pré-impressão de bobinas de papel, a oportunidade nº 1 implicaria em nenhuma melhoria em termos técnicos, ambientais e econômicos. A destinação do efluente permaneceria sendo o coprocessamento externo, uma disposição não nobre e que não atende nenhum dos níveis da Produção Mais Limpa. Além do impacto ambiental, essa oportunidade continuaria com os custos de destinação de, em média, R\$ 11.002,16 por mês.

Apesar da oportunidade nº 2 contribuir de maneira positiva em termos ambientais e econômicos, existe a barreira técnica que impede o tratamento conjunto dos efluentes de tinta das fábricas de Sacos e PO. A impossibilidade ocorre devido à capacidade da ETE existente e da diferença de concentração de tinta dos seus respectivos efluentes. Misturá-los implicaria em uma maior adição de produtos químicos e, também, na necessidade de reprojetar a ETE para atender ao aumento da demanda de tratamento. Além disso, seria preciso a construção de extensas tubulações para transportar o efluente até a ETE. Nesse cenário, a oportunidade nº 3 é a escolhida como proposta de melhoria para a falta de tratamento das águas residuais provenientes do processo de pré-impressão de bobinas de papel da fábrica de Sacos Multifoliados.

### 5.3 Plano de Ação

Após a seleção da oportunidade de melhoria, a Equipe de Trabalho traçou o plano de ação para a sua implementação. Como já apresentada na etapa da metodologia, a ferramenta 5w2h foi utilizada para execução e controle do plano de ação, como mostra o Quadro 5.

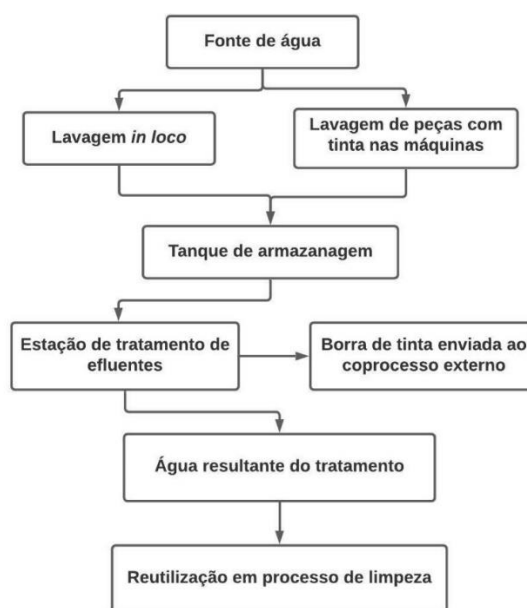
**Quadro 5 – Plano de Ação.**

5w	O que será feito?	<i>What?</i>	Implantação de uma estação compacta para o tratamento do efluente gerado pela lavagem de peças do processo de pré-impressão de bobinas
	Por que será feito?	<i>Why?</i>	Para reutilizar a água tratada e reduzir o impacto ambiental gerado pelo envio do efluente para o coprocessamento externo
	Onde será feito?	<i>Where?</i>	A estação de tratamento do efluente será implantada próxima a sala de limpeza de peças do processo de pré-impressão da fábrica de Sacos Multifoliados
	Quando será feito?	<i>When?</i>	Não existe uma data definida, visto que o estudo de caso se encerrou na etapa de propor uma oportunidade de melhoria para a empresa
	Por quem será feito?	<i>Who?</i>	A ação será realizada pelo departamento de Meio Ambiente da empresa
2h	Como será feito?	<i>How?</i>	Por meio de aquisição e instalação de uma estação de tratamento de efluentes compacta
	Quanto custará?	<i>How much?</i>	Investimento inicial de R\$60.000,00 com a aquisição de estação de tratamento mais os custos operacionais de aproximadamente R\$ 2.000,00

Neste cenário, com a implementação de uma estação para o tratamento do efluente gerado pela limpeza de peças com tinta, espera-se reaproveitar 95% do total do efluente tratado, de acordo com o levantamento realizado pela Equipe de Trabalho com base nos dados do orçamento da ETE. Desta forma, calculando-se o percentual de reaproveitamento sobre a média de geração de 46,82 t de efluentes, estima-se que 44,48 t de água possam ser reutilizadas internamente por mês e apenas 2,34 t sejam enviadas para o coprocessamento externo.

Com a estação de tratamento de efluentes, o fluxo da água utilizada na limpeza de peças com tintas seria remodelado, como exibe a Figura 3. Em consequência da reutilização da água, o consumo hídrico da fábrica reduziria, em média, de 1.907,92 t para 1.861,10 t por mês, o que equivale 2,45%.

Em relação à redução do custo com o consumo de água, não foi possível estimar um valor devido às informações disponíveis para a realização do estudo. Por fim, com a reutilização da água proveniente do efluente tratado, seria atingido o nível 2 da metodologia Produção Mais Limpa, a reciclagem interna.



**Figura 3 – Novo Fluxo da Água Utilizada para a Limpeza de Peças com Tinta.**

## 6. Considerações finais

Após a identificação da oportunidade número 3 como a melhor alternativa para a empresa solucionar a necessidade do envio das águas utilizada no processo de limpeza de bobinas de impressão para o coprocessamento externo, o plano de ação 5W2H foi montado para a demonstração para a empresa de uma forma clara e objetiva o problema encontrado, como ele pode ser solucionado e qual o custo operacional dessa implementação. Desta forma, o plano de ação se mostra uma alternativa viável para a empresa atingir o nível 2 da metodologia de Produção Mais e Limpa. Desta forma, o plano de ação se mostra uma alternativa viável, pois, a aquisição de estação de tratamento de valor médio R\$60.000,00, que apresenta um custo operacional médio de R\$2.000,00, a empresa vai ter uma redução dos seus custos operacionais provenientes ao coprocessamento externo de tratamento de águas, que apresenta um custo mensal médio de R\$11.002,16. O custo da implementação de uma unidade de tratamento corresponde a aproximadamente a 7 meses do custo do coprocessamento externo, trazendo dessa forma uma redução dos custos operacionais para a empresa e eliminando a possibilidade de um problema ambiental que pode ocorrer com o vazamento dessa água contaminada com tinta que é transportada para o coprocessamento externo.

## Referências

- ANA (Agência Nacional de Águas). (Brasil). (2018). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno*. ANA.
- ANA (Agência Nacional de Águas). (Brasil). (2019a). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual*. ANA.
- ANA (Agência Nacional de Águas). (Brasil). (2019b). *ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores*. ANA.
- Bachmann, D. L. (2009). Benchmarking ambiental na indústria de celulose e papel. *O Papel*.
- CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) (2019). *Percepção pública da C&T no Brasil – 2019. Resumo executivo*. CGEE.
- Casagrande, N.M., Monteiro, V., Alexandre, N.Z. (2019). Aplicação do método lean seis sigma no reuso do efluente tratado - estudo de caso: fabricação de papel tissue. *Revista Tecnologia e Ambiente*, 25, 160-175.
- Connor, Richard, Coates, David, Uhlenbrook, Stefan, Koncagül, Engin, & Wwap. (2018). *SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A GESTÃO DA ÁGUA World Water Assessment Programme United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Sustainable Development Goals*

*water and sanitation.*

- Endeavor. (2020). *5W2H: o que é e como aplicar | Endeavor Brasil*. <https://endeavor.org.br/pessoas/5w2h/>
- FIEP/SINPACEL, Federação das Indústrias do Estado do Paraná e Sindicato das Indústrias de Papel, Celulose e Pasta de Madeira para Papel, P. e de A. de P. e P. do E. do P. (2017). *Panorama setorial: indústria de celulose, papel, embalagens e artefatos de papel: Paraná 2016*. FIEP.
- IBA (Industria Brasileira de Árvores). (2019). *Relatório Ibá 2019*. Indústria Brasileira de Árvores.
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Merizalde, E., Montenegro, L., Cabrera, M. (2019). Estudio de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de una Industria de Papel. *Revista Politécnica*, 43, 1, 1-7. <https://doi.org/10.33333/rp.vol43n1.951>
- Millek, K.M., Souza, J.B., Vidal, C.M.S. (2021). Radiação ultravioleta como alternativa tecnológica para desinfecção de efluente de indústria de papel. *Acta Ambiental Catarinense*, 18, 1, 253-267. <https://doi.org/10.24021/raac.v18i1.5840>
- Moura, M.O., Marques, J.J., Rocha, I.C.C. (2020). Water reuse at the pulp and paper industry using water source diagram. *Research, Society and Development*, 9, 11, 1-17. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9444>
- ONU (Organização das Nações Unidas). (2015). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*.
- Prieto, D., Swinnen, N., Blanco, L., Hermosilla, D., Cauwenberg, P., Blanco, Á., & Negro, C. (2016). Drivers and economic aspects for the implementation of advanced wastewater treatment and water reuse in a PVC plant. *Water Resources and Industry*, 14, 26–30. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2016.03.004>
- Quinlivan, L., Chapman, D. V., & Sullivan, T. (2020). Validating citizen science monitoring of ambient water quality for the United Nations sustainable development goals. *Science of the Total Environment*, 699, 134255. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134255>
- Rogers, J. G., Cooper, S. J., & Norman, J. B. (2018). Uses of industrial energy benchmarking with reference to the pulp and paper industries. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 95, pp. 23–37). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.019>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia De Pesquisa* (5th ed.). Penso Editora.
- Santos, H. de O., Alves, J. L. S., de Melo, F. J. C., & de Medeiros, D. D. (2020). An approach to implement cleaner production in services: Integrating quality management process. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118985. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118985>
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., & Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. In *Agricultural Water Management* (Vol. 130, pp. 1–13). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007>
- SENAI-RS. (2013). *Implementação de Programas de Produção mais Limpa*. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/ UNIDO/INEP.
- Silva, M. S. L. da, Matthiensen, A., Brito, L. T. de L., Lima, J. E. F. W., & Carvalho, C. J. R. de. (2018). *Água e saneamento (EMBRAPA)*.
- UN Environment. (2018). *Progress on integrated water resources management. Global baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: degree of IWRM implementation*. UN Environment.
- UNESCO. (2020a). *UN-Water, 2020: United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change*. UNESCO.
- UNESCO (2020b). *United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change*. UNESCO.
- Yamanaka, H. T., Barbosa, F. S., Bettiol, N. L. S., Tamdjian, R. M. M., Fazenda, J., Bonfim, G., Furlaneti, F., Silva, L. E. P., Martins, J., Sicolin, A., & Beger, R. (2006). *GUIA TÉCNICO AMBIENTAL TINTAS E VERNIZES-SÉRIE P+L*.
- Yang, S., Song, Y., Chang, F., & Wang, K. (2020). Evaluation of chemistry and key reactor parameters for industrial water treatment applications of the UV/O<sub>3</sub> process. *Environmental Research*, 188, 109660. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109660>