



Otimização da gestão de resíduos da indústria de tintas através do coprocessamento visando a minimização de impactos ambientais

Ana Clara Barros Diniz¹, Rafaela Cristina Santana de Souza², Willy Richard Lucas Junior³
(aninhacbd@outlook.com, rafaelacristina2011@outlook.com, willyrichard.l.jr@gmail.com)

Professor Orientador: Denilson de Jesus Assis

Cordenação de curso de Engenharia Química

Resumo

A Revolução Industrial do século XVIII consolidou mudanças significativas, como a produção em larga escala de bens manufaturados e o consequente impacto ambiental resultante do rápido desenvolvimento tecnológico. Através de convenções, foram estabelecidos parâmetros mínimos para a gestão ambiental. Posteriormente, surgiu a norma internacional ISO 14001, que implementa práticas de gestão ambiental no contexto industrial, validando o compromisso com a preservação ambiental. Utilizando conhecimentos adquiridos por meio de referenciais como a ISO 14001 e inferências relacionadas a gestão ambiental, realizou-se um estudo de aplicação do controle ambiental em uma indústria de tintas. Essa pesquisa promoveu uma avaliação da eficiência da gerência de resíduos químicos já aplicados em uma empresa do setor de tintas e identificou possíveis melhorias em suas dependências, focados no coprocessamento de resíduos sólidos contaminados. Conduzindo esta análise de forma estruturada, realizou-se o alinhamento de objetivos, levantamento de dados por meio de entrevistas, coleta do banco de dados dos setores de qualidade e do financeiro, análise e caracterização dos resíduos, avaliação de conformidade com a legislação, propondo recomendações e estratégias de otimização. A análise dos resíduos revelou inadequações na segregação e descarte, identificando materiais passíveis de otimização. A conformidade com a legislação e viabilidade econômica foi avaliada e o estudo evidenciou a necessidade de revisão dos processos, treinamento adequado e integração entre setores, visando redução de resíduos e aprimoramento ambiental.

Palavras-chave: Otimização. Gestão. Resíduos. Tinta. Coprocessamento.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Gotardo (2019), no século XVIII tem-se um grande marco para a história, a Revolução Industrial. Nela houve o surgimento da indústria, produtos manufaturados e a consolidação das mudanças atreladas a esse surgimento, como mudanças tecnológicas, econômicas e sociais. Por outro lado, essa evolução trouxe

¹ Graduação em Engenharia Química – Centro Universitário UNA.

² Graduação em Engenharia Química – Centro Universitário UNA.

³ Graduação em Engenharia Química – Centro Universitário UNA.

impactos significativos ao meio ambiente, até a atualidade.

Houve vários desastres motivados pelo contínuo desenvolvimento acelerado sem o pensamento em responsabilidade ambiental em decorrência da revolução industrial. Em resposta a esses acontecimentos, houve a Conferência de Estocolmo de 1972 que estabeleceu diretrizes para reconhecer problemas ambientais, responsabilidades e políticas futuras relacionadas.

Após, criou-se a norma internacional ISO 14001 que visa projetar, implementar e fiscalizar quesitos ambientais na cadeia de produção, assim a empresa seria certificada com base no compromisso ambiental, independentemente do tipo ou tamanho. Esta norma se tornou válida e reconhecida em 1996 (Ferreira, 2021).

A minimização dos impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos é crucial para promover a sustentabilidade e preservar os recursos naturais. Portanto, investigar e apresentar estratégias, com foco na minimização de impactos ambientais, envolve uma análise detalhada da norma ISO 14001 e suas diretrizes, em busca de contribuir fornecendo informações valiosas e soluções práticas que podem ser aplicadas por empresas e organizações em suas operações diárias (ISO, 2015a).

Com isso, a empresa Betim Química que atua há mais de 30 anos no mercado, na produção de tintas para impressoras multifuncionais e para codificação industrial, além de fluídos sintéticos será utilizada como base para este estudo. Devido à preocupação com o meio ambiente e os impactos que seus processos podem causar, a empresa tem interesse em otimizar a gestão de resíduos, focada especialmente nos resíduos contaminados por solventes e tintas do setor de codificação industrial.

Atualmente, os resíduos sólidos contaminados gerados são enviados para um aterro sanitário classe 1, que recebe resíduos perigosos, o que pode causar impactos ambientais negativos, como contaminações da água, solo e ar. A produção também gera resíduos que são reciclados e líquidos que são destinados a empresas parceiras para reaproveitamento. A fim de minimizar o impacto ambiental geral causado por seus resíduos, a empresa Betim Química está em processo de implementação da ISO 14001, buscando estabelecer os requisitos necessários para a gestão ambiental eficaz.

Alinhados aos princípios de uma efetiva gestão ambiental, a empresa visa a

implementação do coprocessamento indireto. Esse processo direciona os resíduos gerados para empresas que reaproveitam como substitutos de matéria-prima ou combustível em processos industriais, diminuindo o volume em aterros atribuindo utilidade a esses resíduos. O presente estudo foi desenvolvido para avaliar a eficiência da gestão de resíduos químicos da Empresa Betim Química e identificar possíveis melhorias em suas dependências com base na situação e necessidades atuais da empresa, contribuindo para a implementação da ISO 14001.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ISO 14001 E A GESTÃO AMBIENTAL

A ISO 14001, publicada inicialmente em 1996, foi a primeira norma internacional de gestão ambiental. Nela define-se o sistema de gestão ambiental (SGA) para gerenciar aspectos ambientais, cumprir obrigações de conformidade, abordar riscos e oportunidades. Seu papel fundamental é estabelecer uma política ambiental mínima e global, delimitando objetivos ambientais e necessidades socioeconômicas (ISO, 2015b).

A composição típica de um SGA, inclui procedimentos formais e ênfase na melhoria contínua. Há uma falta de consenso na medição do desempenho ambiental e dificuldade em avaliar se a adoção do SGA leva a um desempenho ambiental aprimorado, visto que é feita uma adequação operacional e submetida a melhorias dos indicadores de operação, tornando sua aplicação mais específica (Mosgaar, 2022a).

Os objetivos de adequação ambiental das organizações podem ser diversos, podendo ser fatores regulatórios do território e mercado de atuação, preferência do cliente por organizações com metas ambientais responsáveis, marketing ambiental e aumento de eficiência por economia de custos por meio da melhor utilização dos recursos. Para que esses objetivos se alinhem à política ambiental, precisam ser mensuráveis e monitoráveis (Mosgaar, 2022b).

2.2. APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE TINTAS

De acordo com Jesus (2021), a indústria de tintas pode se beneficiar significativamente da aplicação da ISO 14001. O sistema de gestão ambiental oferece uma estruturação que fornece para as organizações meios de gerenciarem seus aspectos ambientais, cumprindo obrigações de conformidade. Na indústria de tintas, a produção

envolve o manuseio de substâncias químicas e pode ter impactos ambientais significativos, a implementação da ISO 14001 pode desempenhar um papel crucial. Alguns aspectos relevantes foram correlacionados com objetivos ambientais e a visão de mercado da indústria pela ótica do mesmo autor e sua visão sobre o assunto, sendo eles:

- Controle de Aspectos Ambientais: A aplicação da norma possibilita identificar e controlar os aspectos ambientais relacionados a matérias-primas e produtos prontos, garantindo práticas mais sustentáveis relacionadas aos produtos químicos relacionados.
- Conformidade Legal: A indústria de tintas está sujeita a regulamentações ambientais rigorosas. A ISO 14001 auxilia na gestão da conformidade legal, garantindo que a empresa esteja ciente e cumpra todas as exigências ambientais aplicáveis.
- Melhoria Contínua: A natureza da ISO 14001, com seu foco na melhoria contínua, é benéfica para a indústria de tintas. Isso pode envolver a otimização de processos para reduzir o consumo de recursos, minimizar resíduos e, conseqüentemente, reduzir os impactos ambientais. Há aplicação de ferramentas de melhoria contínua, como o PDCA (Planejar [Plan], Desenvolver [Do], Checar [Check] e Atuar [Act]) que está listado dentro da própria norma.
- Engajamento de Partes Interessadas: O envolvimento de partes interessadas, dirigentes e empregados, assim como clientes e comunidades locais, é fundamental. A ISO 14001 promove a comunicação eficaz dessas práticas ambientais, contribuindo para uma imagem positiva e transparência.
- Eficiência Energética: Muitas operações na indústria de tintas requerem um consumo significativo de energia. A ISO 14001 identifica oportunidades de melhorias na eficiência energética por meio do reaproveitamento dos resíduos.

Entre as práticas de gestão ambiental há opções para tratamento de resíduos por estado físico da matéria. Aplicando as interpretações de Jesus (2021b) e Mosgaar (2022c) para o tratamento de resíduos sólidos é identificado opções como a reciclagem de embalagens, tratamento de resíduos químicos, reutilização ou reciclagem de produtos defeituosos, coprocessamento de resíduos sólidos e a disposição adequada.

Alinhado a necessidade de otimização da gestão dos resíduos sólidos contaminados, na empresa Betim Química, é dado andamento no estudo de viabilidade da destinação por coprocessamento.

2.3. COPROCESSAMENTO

O coprocessamento é uma operação combinada de transformação de variados tipos de resíduos em energia, a partir da queima em fornos de fabricação de cimento. Os resíduos atuam como substitutos de matéria-prima e de combustíveis fósseis tradicionais utilizados na produção, promovendo a economia de recursos naturais, de forma controlada e segura, sem comprometer a qualidade e eficácia do produto (Itambé, 2014a).

Essa técnica é amplamente empregada na Europa, nos Estados Unidos e no Japão há quase 40 anos e vem sendo adotada no Brasil desde o início da década de 90. Os resíduos de diversos setores industriais, como automotivo, petroquímico, químico, papel e celulose, pneumático e metalúrgico são destinados às cimenteiras (Coprocessamento, s.d.).

No contexto brasileiro, o método de coprocessamento de resíduos é regido por várias regulamentações, como a Lei nº 12.305/2010, mais conhecida como a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos. Outra legislação relevante a nível nacional é a Resolução CONAMA 264/1999, que estabelece os procedimentos e critérios para o licenciamento da atividade de coprocessamento em fornos rotativos de produção de clínquer, o cimento em sua fase básica de fabricação.

Para assegurar a conformidade ambiental, a normativa também define limites de emissão atmosférica, estabelecendo parâmetros de monitoramento ambiental e critérios específicos:

‘O uso dos resíduos como substitutos de matéria-prima é condicionado à apresentação de características similares aos componentes comumente utilizados na produção de clínquer, o que inclui os materiais mineralizadores e/ou fundentes.’ (Resolução CONAMA 264/1999, § 1º)

‘Os resíduos podem ser utilizados como substitutos de combustível para

coprocessamento, desde que se comprove o ganho de energia.' (Resolução CONAMA 264/1999, § 2º)

A legislação estadual desempenha um papel crucial na regulamentação do coprocessamento, Estados como São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais possuem legislações específicas que contribuem para a adequação do processo às realidades locais. Um exemplo relevante nesse contexto é a Deliberação Normativa COPAM nº 154, a qual estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais, onde segundo a deliberação:

'Art. 10 - Os resíduos a serem coprocessados deverão apresentar Poder Calorífico Inferior - PCI mínimo de 2000 kcal/kg. § 1º Somente os elementos Ca, Si, Al, Fe, F, S, K e Na, presentes nos resíduos, caracterizam substituição de matéria-prima fundente e/ou mineralizador, no entanto, sua utilização só poderá ser realizada se respeitados os limites de emissão. A sua utilização só poderá ser realizada quando a concentração desses elementos for superior a 45% em peso, além de respeitar os limites de emissão.

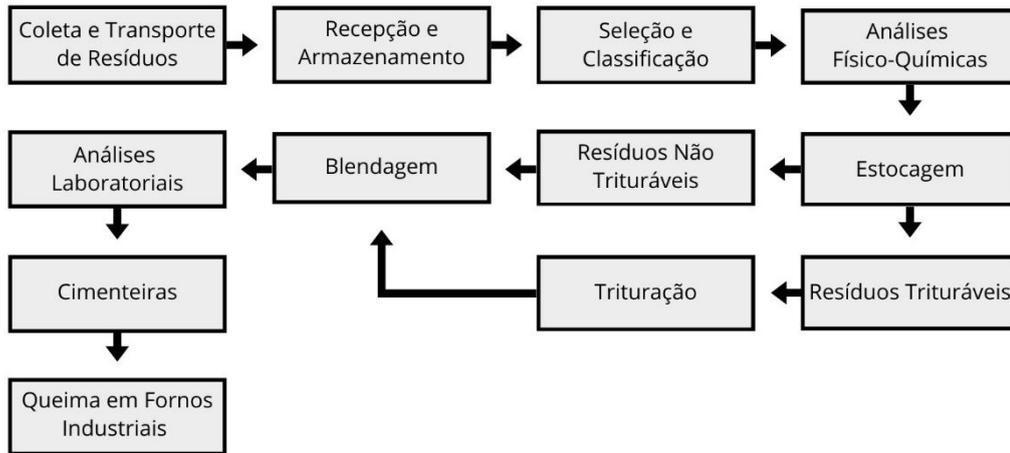
Art. 11 - Não será permitido o coprocessamento de resíduos domiciliares brutos, dos serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins, conforme regulado pela Resolução CONAMA 264/99.' (Deliberação Normativa COPAM nº 154)

Tais regulamentações visam controlar os limites de emissão de gases efeito estufa, garantindo que as etapas do coprocessamento evitem causar impactos ambientais, afetem a segurança e saúde pública, ou prejudiquem instalações, equipamentos e a qualidade do produto.

2.3.1. Etapas do Coprocessamento

O coprocessamento, como prática sustentável na gestão de resíduos, começa com a coleta dos resíduos de indústrias parceiras, transporte por empresas especializadas, onde passam por identificação e segregação adequada e realizam a *blendagem*. Essa visa obter uma mistura homogênea, com critérios rigorosos de seleção, garantindo que apenas resíduos compatíveis com o coprocessamento prossigam para as próximas etapas exposto na **Figura 1**.

Figura 1 – Fluxo das etapas do coprocessamento



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023.

Os critérios de seleção são indispensáveis para eficácia do coprocessamento e consideram as características físico-químicas dos resíduos, seu potencial de geração de energia e a conformidade com regulamentações ambientais. Os resíduos gerados em variados setores industriais podem ser destinados como substitutos de combustível fósseis, desde que forneça energia térmica em sua combustão, e como substitutos parciais de matéria-prima do clínquer, sendo materiais mineralizadores e/ou fundentes, compostos majoritariamente por Cálcio, Silício, Alumínio, Ferro, Flúor, Enxofre, Potássio, Sódio, como exemplificado na **Figura 2**.

Figura 2 – Exemplos de resíduos destinados ao coprocessamento

Substituto de Combustíveis	Substituto de Matérias Primas
Solventes, resíduos oleosos e têxteis	Lama com alumina e Refratários usados (alumínio)
Graxas, lamas de processos químicos e de destilação	Lamas siderúrgicas (ferro)
Resíduos plásticos, de serragem e de papel	Areia de fundição e Terras de filtragem (sílica)
Pneus usados e resíduos de picagem de veículos	Resíduos da fabricação de vidros (flúor)
Resíduos de empacotamento e de borracha	Gesso, Cinzas e Escórias
Lama de esgoto e grãos vencidos	Solos contaminados dos postos de combustíveis

Fonte: Dados da ABCP (2022). Elaborado pelos Autores, 2023.

Após a *blendagem* dos resíduos, estes são encaminhados para a queima nos fornos industriais de cimenteiras, sendo submetidos à queima controlada em altas temperaturas por um longo período. Para produzir clínquer, o material no interior do forno precisa alcançar temperaturas de 1.400 a 1.500° C, com essas condições de operação

é garantido a destruição completa dos compostos orgânicos (Itambé, 2014b).

Portanto, nesta fase ocorre a destruição térmica dos componentes, que se transforma em matérias-primas alternativas ou energia. Esse processo trata diferentes tipos de resíduos e reduz volumes destinados a aterros, o que destaca a versatilidade e eficácia do coprocessamento na gestão ambiental (Itambé, 2014c).

2.3.2. Benefícios do Coprocessamento

A otimização da gestão de resíduos deve considerar a viabilidade econômica e ambiental. A Lei nº 12.305/10 estabelece a ordem de prioridade na gestão de resíduos:

'Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.' (Lei nº 12.305/10, art. 9º).

Assim, conforme determinado na referida lei, após a geração reduzida, o aproveitamento máximo e a reciclagem dos materiais apropriados, os resíduos remanescentes devem ser encaminhados para tratamento e disposição final adequada. O coprocessamento emerge como uma solução eficaz nesse contexto, representando uma operação combinada de economia circular que resulta em um produto de qualidade para as cimenteiras, oferecendo diversas vantagens, inclusive a destinação definitiva sem geração de passivos.

2.3.2.1. Vantagens Ambientais

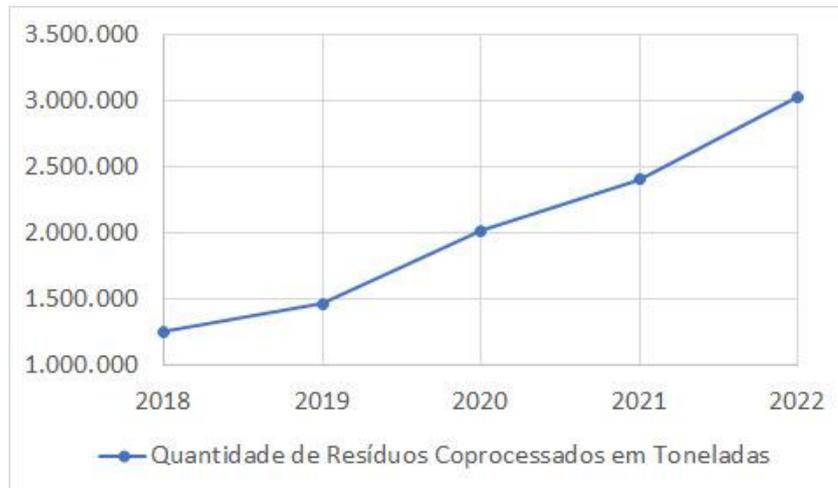
A adoção do coprocessamento contribui significativamente para a minimização dos impactos ambientais. Sua versatilidade possibilita a destinação adequada e eficaz de diversos tipos de resíduos, abrangendo desde urbanos até os industriais, perigosos e especiais.

De acordo com os dados da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), entre 1999 e 2022, foram coprocessadas 25,813 milhões de toneladas de resíduos nos fornos de cimento. Esses foram tratados de maneira adequada, transformando-se em substitutos de energia e matérias-primas, deixando de serem enviados para aterros.

A **Figura 3** revela um crescimento contínuo na adoção do coprocessamento para

o tratamento de resíduos. A longo prazo, essa prática resulta na significativa redução do volume de descartes em aterros, sejam eles sanitários, controlados ou industriais, evitando, assim, a contaminação de solos e da águas.

Figura 3 – Crescimento da quantidade de resíduos coprocessados no Brasil (2018-2022)

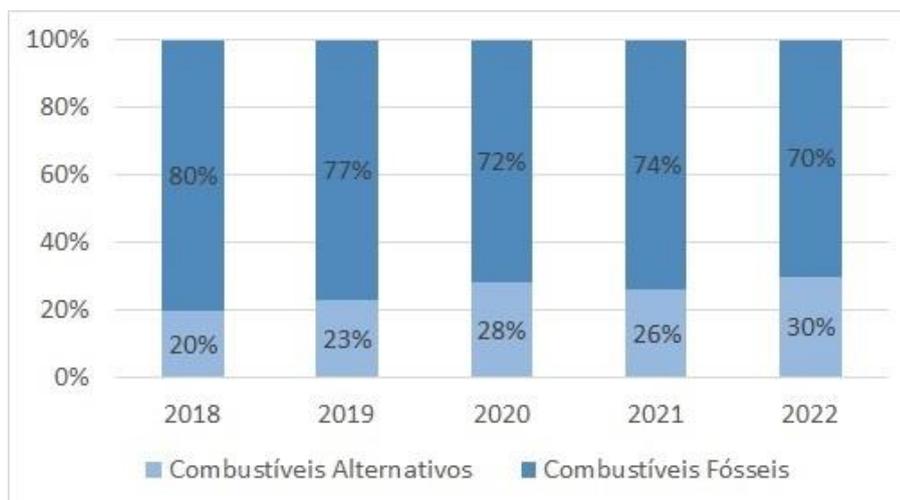


Fonte: Dados da ABCP (2018-2022). Elaborado pelos Autores, 2023.

Outro ponto crucial é a economia de recursos naturais finitos, como o carvão mineral e o petróleo, fontes energéticas frequentemente utilizadas em fábricas de cimento. O uso de combustíveis alternativos, divididos em três categorias – moinha de carvão vegetal, combustíveis de resíduos de biomassa e combustíveis alternativos – oferece uma contribuição significativa na preservação desses recursos naturais (ABCP, 2022).

A utilização de substitutos energéticos alternativos está em crescimento conforme a **Figura 4**, a meta é atingir um marco de substituição de combustível fóssil de 55% até 2050, resultando em uma redução significativa na emissão de gases de efeito estufa (ABCP, 2018- 2022).

Figura 4 – Uso de combustíveis alternativos como substituto no Brasil (2018-2022)



Fonte: Dados da ABCP (2018-2022). Elaborado pelos Autores, 2023.

2.3.2.2. Vantagens Socioeconômicas

A implementação de unidades de coprocessamento cria oportunidades de trabalho direto e indireto, tanto na gestão dos resíduos quanto na operação e manutenção das instalações, contribuindo para o desenvolvimento econômico local, pela demanda de serviços e insumos (Nova Ambiental, s.d.a).

Também possibilita a redução de custos para as cimenteiras, que podem reduzir significativamente os custos com energia térmica, com o uso de combustíveis alternativos, já que o processo de fabricação tem o uso intensivo de fontes energética (Nova Ambiental, s.d.b).

Além disso, o coprocessamento motiva a inovação tecnológica e o desenvolvimento de novos métodos, na busca por soluções mais eficientes na gestão de resíduos, impulsionando avanços na área ambiental e industrial e a conscientização ambiental na sociedade (Nova Ambiental, s.d.c).

Empresas que adotam estratégias sustentáveis, como o coprocessamento, tendem a ter uma imagem mais positiva perante a sociedade e consumidores, o que pode aumentar sua competitividade no mercado e contribuir para atender requisitos legais na busca de certificados ambientais e incentivos governamentais (Nova Ambiental, s.d.d).

O sucesso na aplicação do coprocessamento em cimenteiras pode ser exemplificado pela Votorantim Cimentos, que colabora com a destinação mais adequada

e sustentável desde 1991. Em 2018, obtiveram um resultado de 808,2 mil toneladas de biomassa, resíduos e pneus coprocessados e mais de 500 mil toneladas de CO₂ (gás carbônico) deixaram de ser emitidos (Votorantim, 2020a).

Já em 2019 foi investido R\$ 300 milhões na modernização e adaptação das fábricas, incluindo o coprocessamento diretamente na base de 14 unidades da fábrica. Com essa iniciativa reforçaram o compromisso firmado em 2015, no acordo de Paris, de reduzir as emissões de gases efeito estufa, buscando construir um mundo cada vez mais limpo, renovável e duradouro (Votorantim, 2020b).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em seis etapas, visando uma análise aprofundada e abrangente da gestão de resíduos na indústria de tintas, com foco na implementação do coprocessamento. As etapas delineadas possibilitaram uma abordagem sistemática para avaliar a eficiência atual, identificar áreas de aprimoramento e propor soluções viáveis para a empresa Betim Química.

A primeira etapa, levantamento inicial e alinhamento de objetivos, compreendeu visitas à empresa Betim Química. Durante as visitas, foram adquiridas informações detalhadas sobre seus processos produtivos, os tipos de resíduos gerados em suas operações, as práticas atuais de gestão de resíduos e a conformidade da empresa com as regulamentações ambientais aplicáveis.

Além disso, durante as visitas, houve conversas com funcionários-chave responsáveis pela gestão de resíduos e colaboradores do setor produtivo, a fim de obter uma visão clara dos procedimentos e desafios existentes. Essas visitas foram fundamentais para alinhar os objetivos estratégicos e compreender os valores da empresa em relação à gestão de resíduos.

Na fase de análise e caracterização dos resíduos, foram realizadas observações diretas e detalhadas dos materiais descartados, examinando os resíduos na caçamba, incluindo uma análise dos métodos e instruções de descarte adotados pelos colaboradores. Paralelamente, os dados fornecidos pela gestão da qualidade foram coletados e analisados para quantificar e categorizar os tipos e quantidade de resíduos gerados pela empresa.

Explorando os aspectos financeiros da gestão de resíduos, foram levantados os gastos atuais associados à destinação dos resíduos gerados pela empresa. Para mais, foi realizado orçamentos com empresas especializadas no tratamento de resíduos por coprocessamento.

Deste modo, foi elaborada uma análise comparativa entre os custos atuais e futuros coma implementação do coprocessamento. Esse processo utilizou o *software* Excel, um editor de planilhas eletrônicas da *Microsoft*, para obter o comparativo de valores, com cálculos e gráficos necessários, e avaliar a viabilidade da possível adoção do coprocessamento.

Na etapa de análise de conformidade e legislação, procedeu-se à verificação das regulamentações ambientais pertinentes e certificações como a ISO 14001, com o intuito de identificar as adequações necessárias para atingir os objetivos de otimização da gestão de resíduos da empresa Betim Química.

Por fim, foi elaborado estratégias e recomendações de otimização com base nos dados coletados e análises realizadas. Essas propostas visam otimizar a gestão de resíduos na Betim Química, viabilizar a implementação do coprocessamento como solução eficaz para aprimorartanto a eficiência operacional quanto a sustentabilidade ambiental da empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa tem entre seus principais processos a produção de tintas e solventes para codificação industrial. São mais de 200 produtos, entre tintas, diluentes e soluções de limpeza já desenvolvidos. Os produtos dessa linha são formulados à base de: Água, Metiletilcetona, Etanol, Propanol, Glicol, Nafta, Metanol, Glicerina.

Dessa maneira, ao longo das produções são gerados resíduos líquidos, recicláveis, contaminados, entre outros, que precisam ser segregados para terem destinação correta. Os resíduos líquidos são armazenados em tambores e separados da seguinte forma:

Líquidos base água: incluem todos os resíduos de tintas com sua maior parte constituída de água e sua destinação é realizado através de tratamento de efluentes por uma empresa especializada nesse segmento.

Líquidos base solvente: os resíduos constituídos por solventes como metiletilcetona, álcool, metanol, são descartados em tambores específicos e coletados por uma empresa que reaproveita o material para produção de tintas de parede.

Líquidos base óleo: o óleo descartado nesta sessão é coletado e reaproveitado por uma empresa externa que faz o rerrefino para utilizações em processos produtivos.

Os resíduos sólidos são classificados como recicláveis ou contaminados e separados. Os papelões, papéis e plásticos, que não apresentam contaminação por resíduos líquidos de produtos e matérias-primas, são encaminhados à área de coleta seletiva, que são vendidos e geram fundos para a empresa.

No entanto, os materiais contaminados com resíduos de produtos químicos, não podem ser descartados em lixo comum e são armazenados na caçamba para descarte em aterro, conforme registrado na **Figura 5**.

Figura 5 – Caçamba onde são armazenados os resíduos contaminados



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023.

Ao encher, empresas parceiras realizam a troca da caçamba e o transporte dos resíduos contaminados para aterros sanitários classe 1, que recebem resíduos perigosos. Atualmente, somente empresas com certificação podem coletar os resíduos da Betim Química com emissão de MTR (Manifesto de Transporte), um documento legal que acompanha o transporte, para garantir o rastreamento adequado e a destinação correta

desses materiais. A regulamentação sobre MTR pode variar de acordo com a legislação ambiental de cada país ou região. No Brasil, a gestão de resíduos é regulamentada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e por normativas específicas dos órgãos ambientais estaduais.

Durante as entrevistas realizadas com os funcionários, foram realizadas diversas perguntas tendo como principais:

- 1) Quais os procedimentos e orientações para realizar os descartes dos materiais?
- 2) Existe planos de gestão de resíduos? Quem é o responsável?
- 3) Quais são os métodos e classificações utilizados para descarte?

A participação dos colaboradores e responsáveis pelos resíduos resultou em *insights* valiosos e com as anotações foi verificado o reconhecimento do setor responsável, o conhecimento das classificações de descarte, sendo líquidos, recicláveis e contaminados, além dos desafios de classificar e organizar corretamente a área de descarte.

Com a verificação dos resíduos descartados, foi observado a presença dos seguintes materiais: copos de plásticos não contaminados, luvas, uniformes, máscaras e óculos de proteção, papéis, papelão, frascos, bombonas, tampas, filtros de tecido ou polímero, seringas, pipetas, cartuchos, latas de alumínio e pedaços de paletes, conforme mostra a **Figura 6**.

Figura 6 – Tambores de armazenamento inicial na área de envase



Isso revelou a necessidade de revisar os processos, desde a origem até o envase, otimizar a comunicação entre setores, melhorar a programação e controle de estoque para minimizar desperdícios e retrabalhos, além de fornecer treinamento adequado dos colaboradores para segregação apropriada dos materiais. Isso se deve à identificação de materiais descartados de maneira inadequada, como copos plásticos recicláveis e cartuchos vencidos, contribuindo para um aumento na geração de resíduos.

A metodologia atual adotada na Betim Química pode ter impactos negativos no solo e na água, além de aumentar os volumes dos aterros sanitários. Os dados fornecidos indicaram que em 2023, foram destinadas 4,45 toneladas de resíduos para aterros sanitários. Ao considerar os dados da ABCP 2022, foi possível realizar os seguintes cálculos de estimativa:

$$X = \frac{(B * C)}{A}$$
$$X = \frac{(2.916.074 * 4,45)}{3.035.000}$$
$$X = 4,28 \text{ toneladas de } CO_2$$

Sendo: A = 3.035.000 toneladas de resíduos coprocessados em 2022 (ABCP 2022).

B = 2.916.074 toneladas de CO₂ evitados em 2022 (ABCP 2022).

C = 4,45 toneladas de resíduos gerados em 2023 (Betim Química).

Sendo assim, de acordo com os cálculos, estima-se que a aplicação do coprocessamento já em 2023, teria contribuído para evitar que mais 4,28 toneladas de CO₂ fossem emitidos para atmosfera por cimenteira, considerando que os resíduos contaminados da empresa seriam ótimos substitutos alternativos para as cimenteiras.

A técnica de coprocessamento traz contribuições significativas ao meio ambiente, mas possui desafios, para isso é fundamental uma seleção adequada dos resíduos, já que alguns especificamente não são aceitos, por trazer prejuízos ao processo e ao meio ambiente, além de não oferecer ganhos, e a necessidade de avaliar a viabilidade econômica da implementação do coprocessamento como alternativa de destinação.

Para a análise financeira comparativa, além dos dados quantitativos obtidos, foi realizado o orçamento superficial com uma Empresa X especializada no serviço de coprocessamento. Esse orçamento foi crucial para embasar o comparativo entre o custo atual de destinação de resíduos e o estimado para o cenário de coprocessamento.

Os valores obtidos foram submetidos a cálculos e uma análise detalhada, conforme mostrado nas **Tabela 1** e **Tabela 2**.

Tabela 1 – Valores de 2023 da destinação de sólidos para aterros

MÊS	TRANSPORTE SÓLIDO	PESO DO RESÍDUO	VALOR POR KG DE RESÍDUO	DESTINAÇÃO SÓLIDO	ALUGUEL CAÇAMBA	VALOR TOTAL
JANEIRO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 300,00
FEVEREIRO	R\$ 270,00	710	R\$ 0,70	R\$ 497,00	R\$ 300,00	R\$ 1.067,00
MARÇO	R\$ 270,00	520	R\$ 0,70	R\$ 364,00	R\$ 150,00	R\$ 784,00
ABRIL	R\$ 270,00	740	R\$ 0,70	R\$ 518,00	R\$ 150,00	R\$ 938,00
MAIO	R\$ 270,00	710	R\$ 0,70	R\$ 497,00	R\$ 150,00	R\$ 917,00
JUNHO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 150,00	R\$ 150,00
JULHO	R\$ 270,00	340	R\$ 0,70	R\$ 238,00	R\$ 150,00	R\$ 658,00
AGOSTO	R\$ 270,00	530	R\$ 0,70	R\$ 371,00	R\$ 150,00	R\$ 791,00
SETEMBRO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 150,00	R\$ 150,00
OUTUBRO	R\$ 270,00	560	R\$ 0,70	R\$ 392,00	R\$ 150,00	R\$ 812,00
NOVEMBRO	R\$ 270,00	340	R\$ 0,70	R\$ 238,00	R\$ 150,00	R\$ 658,00
DEZEMBRO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 150,00	R\$ 150,00
TOTAL	R\$ 2.160,00	4450	R\$ 5,60	R\$ 3.115,00	R\$ 2.100,00	R\$ 7.375,00

Fonte: Dados Betim Química. Elaborado pelos Autores, 2023.

Tabela 2 – Valores de 2023 com base no orçamento de coprocessamento

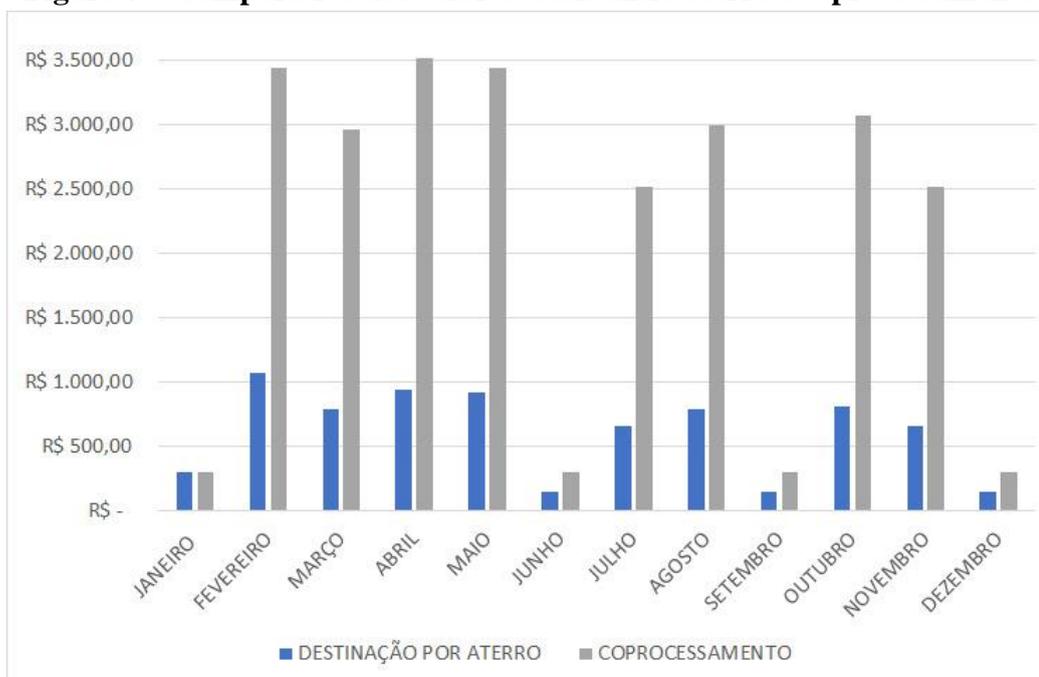
MÊS	TRANSPORTE SÓLIDO	PESO DO RESÍDUO (KG)	VALOR POR KG DE RESÍDUO	DESTINAÇÃO SÓLIDO	ALUGUEL CAÇAMBA	VALOR TOTAL
JANEIRO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 300,00
FEVEREIRO	R\$ 1.365,00	710	R\$ 2,50	R\$ 1.775,00	R\$ 300,00	R\$ 3.440,00
MARÇO	R\$ 1.365,00	520	R\$ 2,50	R\$ 1.300,00	R\$ 300,00	R\$ 2.965,00
ABRIL	R\$ 1.365,00	740	R\$ 2,50	R\$ 1.850,00	R\$ 300,00	R\$ 3.515,00
MAIO	R\$ 1.365,00	710	R\$ 2,50	R\$ 1.775,00	R\$ 300,00	R\$ 3.440,00
JUNHO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 300,00
JULHO	R\$ 1.365,00	340	R\$ 2,50	R\$ 850,00	R\$ 300,00	R\$ 2.515,00
AGOSTO	R\$ 1.365,00	530	R\$ 2,50	R\$ 1.325,00	R\$ 300,00	R\$ 2.990,00
SETEMBRO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 300,00
OUTUBRO	R\$ 1.365,00	560	R\$ 2,50	R\$ 1.400,00	R\$ 300,00	R\$ 3.065,00
NOVEMBRO	R\$ 1.365,00	340	R\$ 2,50	R\$ 850,00	R\$ 300,00	R\$ 2.515,00
DEZEMBRO	R\$ -	0	R\$ -	R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 300,00
TOTAL	R\$ 10.920,00	4450	R\$ 20,00	R\$ 11.125,00	R\$ 3.600,00	R\$ 25.645,00

Fonte: Dados fornecidos pela Empresa X em 2023. Elaborado pelos Autores, 2023.

Nas tabelas apresentadas, são destacados os custos de transporte dos sólidos e o aluguel das caçambas, juntamente com a quantidade mensal de resíduos gerados ao longo

de 2023. Estas quantidades, multiplicadas pelo valor por quilo, indicam o custo total da destinação dos materiais. No método atual, esse custo é estimado em R\$ 0,70 por quilo, enquanto no processo de coprocessamento atinge R\$ 2,50 por quilo. O aumento nos custos está exibido na **Figura 7**.

Figura 7 – Comparativo dos valores totais entre aterro e coprocessamento



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023.

A análise financeira comparativa entre os custos atuais e os projetados com a implementação do coprocessamento, revela uma discrepância significativa. Contudo, é necessário considerar a possibilidade de inconsistências no orçamento inicial, devido ao alto valor no transporte de resíduos, o aumento no aluguel da caçamba e a necessidade de realizar novos orçamentos comparativos.

O estudo preliminar da viabilidade do coprocessamento como alternativa para a gestão de resíduos na Betim Química surge como uma solução futura, apesar do custo elevado ao orçamento atual. Esta análise revela a importância de avaliar os incentivos fiscais e as regulamentações vigentes, assim como identificar e discutir as limitações potenciais, como as finanças e a necessidade de treinamento adequado para implementação efetiva.

As recomendações estratégicas propostas visam aprimorar continuamente a gestão de resíduos na indústria de tintas, proporcionando percepções relevantes para a

Betim Química na busca pela implementação da ISO 14001. Apesar de não ter sido implantado, o estudo detalhado do coprocessamento demonstrou sua capacidade de reduzir riscos ambientais e emissões de CO₂, reforçando o compromisso da empresa com o meio ambiente.

Estes elementos oferecem uma estrutura sólida que justifica a transição para o coprocessamento, alinhando-se aos princípios e requisitos da ISO 14001 para a gestão ambiental. A abordagem da Betim Química em relação ao coprocessamento reflete seu compromisso com a sustentabilidade e a gestão responsável do meio ambiente, como parte integrante de suas práticas. A comparação da otimização de resíduos conforme ISO 14001 e a metodologia atual pode ser consultada na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Otimização de resíduos na Betim Química, conforme ISO 14001

ASPECTO	ANTES (SEM COPROCESSAMENTO)	APÓS (COM COPROCESSAMENTO)	ISO 14001
Eficiência Operacional	Frequência regular de coletas e gestão convencional de resíduos.	Otimização da gestão de resíduos, reduzindo coletas e volumes destinados ao aterro.	Reforça a busca pela eficiência operacional e aprimoramento contínuos processos.
Benefícios Ambientais	Maior impacto ambiental devido ao descarte convencional.	Redução de emissões poluentes e preservação de recursos naturais.	Alinha-se com os princípios de responsabilidade ambiental e gestão sustentável.
Estabilidade de Custos	Custos sujeitos a flutuações no mercado de gestão de resíduos.	Estabilidade financeira devido à previsibilidade dos custos.	Promove o controle efetivo dos aspectos ambientais, incluindo custos relacionados à gestão de resíduos.
Retorno sobre Investimento (ROI)	ROI influenciado por custos variáveis e riscos associados.	Estimativa positiva de ROI considerando a redução de custos e receitas com resíduos coprocessados.	Incentiva práticas que contribuem para resultados financeiros sustentáveis.
Conformidade Regulatória	Riscos de não conformidade e possíveis penalidades.	Adesão às regulamentações ambientais, minimizando riscos legais.	Facilita a conformidade com normas ambientais, reduzindo exposição a penalidades.
Pesquisa de Mercado	Pouca consideração às tendências e necessidades do mercado.	Alinhamento com as práticas sustentáveis valorizadas pelo mercado.	Demonstração de comprometimento com padrões reconhecidos internacionalmente.

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023.

5. CONCLUSÃO

O estudo abrangente sobre a gestão ambiental na Betim Química, com foco no coprocessamento de resíduos contaminados, revelou oportunidades cruciais para a empresa. A metodologia aplicada, incluindo alinhamento de objetivos, entrevistas, análise de resíduos e avaliação legal, proporcionou uma visão holística da eficiência da gestão de resíduos químicos. Destaca-se a relevância do tema para a empresa,

evidenciando a otimização de práticas, redução de impactos ambientais e conformidade com regulamentações, contribuindo cientificamente para práticas sustentáveis e gestão responsável.

Os resultados apontam oportunidades cruciais para a Betim Química, incluindo a redução de emissões de CO₂, preservação de recursos e estabilidade financeira, com o coprocessamento emergindo como uma solução que atende aos objetivos iniciais e promove práticas ambientalmente responsáveis. Recomenda-se a continuidade do projeto, explorando práticas de reciclagem, estratégias para minimização de resíduos e avaliações constantes dos benefícios do coprocessamento, visando aprimorar a eficiência e a sustentabilidade.

Em síntese, este estudo oferece uma análise crítica da gestão de resíduos na indústria detintas, apontando caminhos para práticas mais sustentáveis e reforçando a importância do coprocessamento. Contribui para um cenário mais consciente e responsável, destacando a relevância da Betim Química na promoção de práticas ambientais responsáveis e a promoção de projetos para obter o objetivo de implementar a ISO 14001.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Deus pela direção e força durante esta jornada. Às famílias e amigos, pelo apoio e incentivo. Aos professores e ao Centro Universitário Una, pela orientação e ensinamentos fundamentais. À Betim Química, pela parceria e contribuições cruciais para viabilização deste estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Cimento Portland. Coprocessamento: uma alternativa sustentável na indústria do cimento. 2012. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Coprocessamento_ago12.pdf. Acesso em: 03 out. 2023.

Associação Brasileira de Cimento Portland. Panorama do Coprocessamento2023: Ano Base 2022. 2023. 20p. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2023/11/Panorama_Coprocessamento_2023_Ano_Base_2022.pdf. Acesso em: 03 out. 2023.

Betim Química. Página inicial da Betim Química. [S.l.: s.n.], [ano de publicação não disponível]. Disponível em: <https://betimquimica.com.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 03out. 2023.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução N° 499, DE 06 DE OUTUBRO DE 2020. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=798. Acesso em: 03 out. 2023.

Coprocessamento. O que é Coprocessamento? Disponível em: <https://coprocessamento.org.br/sobre/o-que-e-coprocessamento/>. Acesso em: 09 nov. 2023.

Coprocessamento. Panorama do Coprocessamento 2020. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Panoramaco_processamento_2020_bx.pdf. Acesso em: 15 nov.2023.

Coprocessamento. Panorama do Coprocessamento 2020: Ano Base 2019. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2020/12/Panorama_coprocessamento_2020_v3_Base_2019.pdf. Acesso em:09 nov. 2023.

Coprocessamento. Panorama do Coprocessamento 2021: Ano Base 2020. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2021/12/Panorama_Coprocessamento_2021_Ano_Base_2020.pdf. Acesso em: 09 nov. 2023.

Coprocessamento. Panorama do Coprocessamento 2022: Ano Base 2021. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2023/05/Panorama_Coprocessamento_2022_Ano_Base_2021_v2.pdf. Acesso em: 09 nov. 2023.

Coprocessamento. Panorama do Coprocessamento 2023: Ano Base 2022. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp->

content/uploads/2023/11/Panorama_Coprocessamento_2023_Ano_Base_2022.pdf. Acesso em: 09 nov. 2023.

Ferrari, Ronaldo (Org.). Coprocessamento de resíduos Industriais em fornos de clínquer. Itambé, 2014. Disponível em: <https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Coprocessamento-apostila-Itambe2014.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2023.

Ferreira, T. Iso 14001: Quais mudanças aconteceram na norma ao longo do tempo? Templum Consultoria. Meio Ambiente. 2021. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/iso-14001-quais-mudancas-aconteceram-na-norma-ao-longo-do-tempo/#:~:text=Como%20resposta%20sobre%20a%20necessidade,e%20a%20preven%C3%A7%C3%A3o%20da%20polui%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 02 out. 2023.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Sistema MTR-MG. Disponível em: <http://www.feam.br/sistema-mtr-mg>. Acesso em: 07 nov. 2023.

Furniel, I. Iso 14001: Quais mudanças aconteceram na norma ao longo do tempo? Templum Consultoria. Meio Ambiente. 2011. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/iso-14001-2/>. Acesso em: 02 out. 2023.

Gotardo, C. A., & Favaro, N. D. A. L. G. (2019). Escola pública: origens e funções no período da revolução industrial inglesa. Horizontes-Revista de Educação ISSN 2318-1540, 7(13), 37-54. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e7e6/038fdeb639cfc0b4047036d312e53b297b15.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2023.

ISO, 2015. ISO 14001:2015. Environmental Management Systems – Requirements with guidance for use. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>. Acesso em: 09 nov. 2023.

Itambé. Apostila sobre Coprocessamento. 2014. Disponível em: <https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Coprocessamento-apostila-Itambe2014.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2023.

Jesus, M. M. K. D. Diagnóstico ambiental e análise de risco. Estudo de caso: indústria química no ramo de tintas. UNESC. 2021. Disponível em: <http://repositorio.unes.net/handle/1/9792>. Acesso em: 13 nov. 2023.

MG COPAM. Resolução MG COPAM nº 154, de 25 de agosto de 2010. Dispõe sobre a utilização do coprocessamento como forma de destinação ou disposição final de resíduos industriais em fornos rotativos de clínquer para a produção de cimento Portland e dá outras providências. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/MG_Copam_154_2010-1.pdf. Acesso em: 07 nov. 2023.

Mosgaard, M. A.; Bundgaard, A. M.; Kristensen, H.S.. ISO 14001 practices - A study of environmental objectives in Danish organizations. Journal of Cleaner

Production, Volume 331, 2022, 129799. ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129799>. Acesso em: 13 nov. 2023.

NBR ISO 14001 - Sistemas da gestão ambiental: requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/N3127.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

Nova Ambiental. Coprocessamento: Combustível da Indústria de Cimento. Disponível em: [https://www.novaambiental.com.br/coprocessamento-combustivel-da-industria-de-cimento/#:~:text=Areia%20de%20fundi%C3%A7%C3%A3o%20\(s%C3%ADlica\),da%20fab%20rica%C3%A7%C3%A3o%20de%20vidros%20\(fl%C3%BAor\)](https://www.novaambiental.com.br/coprocessamento-combustivel-da-industria-de-cimento/#:~:text=Areia%20de%20fundi%C3%A7%C3%A3o%20(s%C3%ADlica),da%20fab%20rica%C3%A7%C3%A3o%20de%20vidros%20(fl%C3%BAor).). Acesso em: 08 nov. 2023.

Pereira, E. V. Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Res%C3%ADduos_s%C3%B3lidos/U_W2DwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=coprocessamento&pg=PT219&printsec=frontcover. Acesso em: 19 out. 2023.

Sperka, M. A Revolução Industrial Inglesa comparada à Revolução Industrial na França e na Alemanha. Graduação em Economia. UFP. Curitiba, 2004. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/75222>. Acesso em: 02 out. 2023.

Votorantim Cimentos. O coprocessamento de resíduos na construção de um mundo feito para durar. Disponível em: <https://www.votorantimcimentos.com.br/noticia/o-coprocessamento-de-residuos-na-construcao-de-um-mundo-feito-para-durar/>. Acesso em: 08 nov. 2023.