



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

**ANA KAROLINE OLIVEIRA SANTOS POLVARINE**

**SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL DO COPROCESSAMENTO DE REVESTIMENTO  
GASTO DE CUBAS NA INDÚSTRIA DO CIMENTO**

**Araguaína, TO**

**2023**

**Ana Karoline Oliveira Santos Polvarine**

**Solução sustentável do coprocessamento de revestimento gastos de cubas na indústria do cimento**

Artigo apresentado à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Araguaína para obtenção do título de Tecnólogo em Logística.

Orientadora: Profa. Ma. Beatriz Batista Costa

**Araguaína, TO**

**2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

P779s Polvarine, Ana Karoline Oliveira Santos .

Solução sustentável do coprocessamento de revestimento gasto de cubas na indústria do cimento. / Ana Karoline Oliveira Santos Polvarine. – Araguaína, TO, 2023.

29 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Logística, 2023.

Orientadora : Beatriz Batista Costa

1. Coprocessamento. 2. Resíduos. 3. Meio ambiente. 4. Revestimento gasto de cubas. I. Título

**CDD 658.5**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**Ana Karoline Oliveira Santos Polvarine**

**Solução sustentável do coprocessamento de Revestimento Gastos de Cubas na indústria do cimento**

Artigo apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso Superior de Tecnologia em Logística, foi avaliado para a obtenção do título de Tecnólogo em Logística e aprovado em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 03 / julho / 2023

Banca Examinadora

---

Professora Ma. Beatriz Batista Costa, UFT

---

Professora Ma. Mariana Ribeiro de Matos, UFT

---

Professor Dr. Warton da Silva Souza, UFT

## **AGRADECIMENTOS**

À Mestra Beatriz Batista Costa pela orientação e incentivo para construção desse trabalho;

À Engenheira ambiental Tainan Pereira dos Santos Moreira e ao Supervisor de produção Fabio Sousa Silva pela disponibilidade para construção da pesquisa.

## RESUMO

Na atualidade as empresas se dedicam a adotar novas medidas de controle e gestão ambiental, se preocupando em quem será afetado e como evitar, visto que a poluição ambiental pode implicar em casos que são irreversíveis. O Revestimento Gasto de Cuba é um resíduo gerado na indústria de alumínio, sendo um grande problema ambiental para esse ramo. Nesse contexto, o estudo tem como objetivo analisar como o tratamento do RGC pode tornar-se eficiente a partir do coprocessamento nas indústrias cimenteiras evitando danos no meio ambiente. Especificamente busca descrever como o coprocessamento contribui na não emissão de poluentes do RGC, durante o processo de fabricação do cimento; e investigar como a destruição dos compostos de cianeto contidos na fração carbonácea torna o RGC um resíduo não perigoso. Esta pesquisa é classificada como estudo de caso, com abordagem qualitativa, a natureza descritiva e exploratória. A partir dos dados coletados observou-se que o coprocessamento apresenta diversas contribuições para a sustentabilidade ambiental, ao incorporar os resíduos do RGC no processo de fabricação do cimento, reduzindo a extração de matérias-primas virgens, minimizando a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, ressaltando a importância do cumprimento das normas e regulamentações ambientais, procedimentos de segurança operacional, tomando as devidas providências para prevenir a contaminação ambiental e a proteção dos colaboradores envolvidos, além disso foi possível identificar que o coprocessamento proporciona benefícios e lucratividade para a indústria do cimento, pois está reduzindo os custos de produção e contribui para a otimização dos recursos disponíveis ao utilizar como combustível alternativo.

**Palavras-chaves:** Coprocessamento; Resíduos; Meio ambiente; Revestimento Gasto de Cubas

## ABSTRACT

Currently, companies are dedicated to adopting new measures of environmental control and management, caring about who will be affected and how to avoid it, given that environmental pollution can lead to irreversible cases. Spent Potlining (SPL) is a waste generated in the aluminum industry, posing a significant environmental problem for this sector. In this context, the study aims to analyze how the treatment of SPL can become efficient through coprocessing in cement plants, preventing environmental damage. Specifically, it seeks to describe how coprocessing contributes to the non-emission of pollutants from SPL during the cement manufacturing process and investigate how the destruction of cyanide compounds contained in the carbonaceous fraction makes SPL a non-hazardous waste. This research is classified as a case study with a qualitative approach, descriptive and exploratory in nature. Based on the collected data, it was observed that coprocessing presents several contributions to environmental sustainability by incorporating SPL waste into the cement manufacturing process, reducing the extraction of virgin raw materials, minimizing the amount of waste sent to landfills, and decreasing greenhouse gas emissions. Emphasizing the importance of complying with environmental regulations and standards, following operational safety procedures, and taking the necessary measures to prevent environmental contamination and protect the involved employees. Additionally, it was possible to identify that coprocessing provides benefits and profitability for the cement industry by reducing production costs and contributing to the optimization of available resources through the use of alternative fuel.

**Keywords:** Coprocessing; Waste; Environment; Spent Potlining.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PPGCom	Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Sociedade
UFT	Universidade Federal do Tocantins
RGC	Revestimento gasto de cubas
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
CBCP	Companhia Brasileira de Cimento Portland
FISPQ	Ficha de Informações de segurança de produtos químicos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>11</b>
	<b>Objetivo específicos.....</b>	<b>11</b>
	<b>Questão problema .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>12</b>
1.1.1	Metodologia de pesquisa .....	12
1.1.2	Procedimentos metodológicos .....	12
<b>1.2</b>	<b>Estrutura do trabalho .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Descarte de Resíduos Sólidos Industriais.....</b>	<b>14</b>
2.1.1	Coprocessamento de resíduos .....	14
2.1.2	Revestimento de cubas.....	15
<b>2.2</b>	<b>Problemas ambientais.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Legislação ambiental brasileira.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Indústrias cimenteiras.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADO E ANÁLISE .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Resíduo gasto de cubas.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Legislação e responsabilidade social.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Perspectivas futuras.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Contribuições do trabalho .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Trabalhos futuros.....</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução do ser humano, o crescimento dos processos de urbanizações e a evolução industrial, a geração de resíduos tem aumentado gradativamente, ocasionando danos tanto ambiental, quanto social. São gerados diariamente cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos, onde a maior parte não possui uma destinação adequada, sendo descartados nas ruas, rios e nas florestas, gerando grandes doenças e proliferação de insetos (SILVA E CERVIERI, 2015).

A evolução industrial tem um impacto significativo no meio ambiente, tanto na mineração dos recursos terrestres, quanto na geração de energia e na fabricação de produtos derivados de cada atividade. Diante desse cenário e do surgimento de uma consciência ecologicamente correta da sociedade ao longo dos anos, na atualidade, as organizações têm uma grande responsabilidade não somente no fator econômico, mas também no fator eco sustentável e social, atendendo aos pilares da sustentabilidade: o ambiental, o econômico e o social (PRADO, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004) os detritos industriais, quando considerados inadequados para serem depositados nos esgotos públicos, devem ser destinados de uma forma correta ou através do coprocessamento. Nesse sentido, o maior obstáculo para as organizações é conciliar o processo produtivo com a situação limitada da natureza visando a proteção dos recursos naturais. Com isso, uma alternativa que as empresas estão adotando é o coprocessamento de resíduos, que visa oferecer uma destinação adequada para os resíduos que são gerados pelas organizações (MELO *et al*, 2011).

Tal exemplo do coprocessamento ocorre nas indústrias cimenteiras que vêm utilizando esses resíduos na própria fabricação do cimento, contribuindo de forma positiva para as gerações futuras, pois utilizam de combustíveis fósseis fabricados por outros setores para produção sustentável de energia, sendo utilizada para criação do cimento de forma que diminuam os impactos na qualidade do ar, solo e dos rios se preocupando na recuperação das áreas exploradas e contribuindo na geração de empregos e no desenvolvimento socioeconômico da região (CSI, 2005).

Dentre os principais componentes da formulação do cimento está o clínquer, que é uma mistura de calcário, argila, areia e ferro, e dentre seus componentes também está presente o alumínio que gera o revestimento gasto de cubas. Se alterada, essa fórmula pode impactar

diretamente na qualidade do cimento. Todo esse processo é realizado em altas temperaturas, na média de 1450° C dentro de um forno (CSI, 2005).

Lazarinos, Moura e Cardoso (2009) afirmam que os Revestimentos Gastos de Cuba (RGC) por exemplo, são resultado da produção de alumínio, que são basicamente materiais desgastados, que se depositam no fundo das cubas eletrolíticas durante o banho de fluoretos. Ele é dividido entre em primeiro corte e segundo corte, sendo o de primeiro corte categorizado como material perigoso classe I, pela *United State Envirommental Protection Agency*, por conter em sua composição grandes porcentagem de cianeto. Sendo: Classe I – perigosos e Classe II – não perigosos.

Todo e qualquer lixo proveniente do processo industriais sendo tóxico ou não é denominado como resíduo. Os resíduos industriais que não possuem capacidade de reutilização ou de serem reciclados resultam em complicações normativas e ambientais, gerando uma pressão sobre as empresas para atender demandas ecologicamente corretas tanto por questões legais como sociais (SILVA E CERVIERI, 2015).

No território brasileiro, esses resíduos podem ser descartados de duas maneiras diferentes: através do depósito em aterros industriais e do coprocessamento em indústrias no ramo do cimento, apesar de não ser a forma mais correta, podendo acarretar um incidente que cause a contaminação do solo, além de ter um alto custo no transporte entre a indústria de alumínio a indústria cimenteira. Esse resíduo pode trazer ameaças à saúde pública, causando morte ou geração de doenças, além dos prejuízos ao meio ambiente e os animais (ABNT, 2004).

Nesse sentido, as indústrias cimenteiras vêm contribuindo positivamente na melhoria de vida da comunidade e do meio ambiente, evitando que os mesmos sejam afetados diretamente pelos processos industriais. Portanto o estudo tem como questão problema: como é feito o descarte de forma adequada do RGC evitando impactos socioambientais?

Portanto, o estudo tem como objetivo analisar como o tratamento do RGC pode tornar-se eficiente a partir do coprocessamento nas indústrias cimenteiras evitando danos no meio ambiente. Especificamente: descrever como o coprocessamento contribui na não emissão de poluentes do RGC, durante o processo de fabricação do cimento; e investigar como a destruição dos compostos de cianeto contidos na fração carbonácea torna o RGC um resíduo não perigoso.

A sociedade e as indústrias têm um papel fundamental no equilíbrio ambiental, visto que são eles que são os produtores de resíduos, sendo necessário fazer um descarte adequado para cada tipo de resíduos. Diante do exposto, este estudo busca apontar a importância do papel da indústria cimenteira na redução do acúmulo desses resíduos, especificamente os resíduos

sólidos perigosos e quais legislações regem para que esse processo seja corretamente seguido. Além disso, contribuirá no entendimento de todo o processo de coprocessamento do Revestimento Gasto de Cubas e sua principal importância.

## **1.1 Metodologia**

A construção desse artigo se deu através de um estudo de caso que buscou analisar como o tratamento do RGC pode tornar-se eficiente a partir do coprocessamento nas indústrias cimenteiras evitando danos no meio ambiente.

### **1.1.1 Metodologia da pesquisa**

Do ponto de vista sobre a abordagem do problema foi utilizado uma abordagem qualitativa. Para Neves (1996), a abordagem qualitativa se assemelha a mecanismos de interpretação dos eventos que acontecem no dia-a-dia, que possui a mesma realidade dos dados que o pesquisador qualitativo aplica em seu estudo. Em ambos os casos, refere-se à dados representativos, estabelecidos em determinado cenário, desvendam parte da realidade ao mesmo tempo que ocultam outra parte.

Quanto à natureza da pesquisa é classificada como descritiva e exploratória. Trivínos (1987) natureza descritiva têm por objetivo aprofundarem a descrição de determinada realidade. Já a natureza exploratória permite ao pesquisador ampliar seu conhecimento em relação a certo problema. O pesquisador parte de uma teoria e intensifica seu estudo nos limites de uma situação particular, visando precedentes, maior compreensão para, logo após, elaborar uma pesquisa descritiva ou de um tipo experimental.

### **1.1.2 Procedimentos metodológicos**

Segundo Ventura (2007), o estudo de caso como modalidade de pesquisa é compreendido como uma metodologia ou como a seleção de um instrumento de estudo determinado pelo interesse em casos singulares. Dispõe-se à apuração de um caso específico, bem definido, estruturado em tempo e lugar para que se possa suceder uma investigação rigorosa de informações.

O estudo de caso é um método muito utilizado para construção de pesquisas para descobrir como é feito algo, porque existe ou porque é necessário tal assunto. Isso acontece principalmente quando há pouca possibilidade de controle sobre os eventos estudados e quando o interesse se concentra em fenômenos atuais, que só podem ser analisados dentro de um contexto de vida real (GODOY, 1995).

Os dados foram coletados com a aplicação de um questionário com 17 questões, onde foi gravado com o auxílio de um celular e respondido verbalmente por uma engenheira ambiental e um supervisor de produção. A metodologia inclui um questionário subdividido em três partes: O revestimento de cubas, a Legislação e responsabilidade social e Perspectivas futuras.

Para a construção desta pesquisa utilizou-se também uma reflexão teórica através de artigos científicos e periódicos, dentre outros materiais de apoio sobre como funciona o processo de coprocessamento do Revestimento Gasto de Cubas, quais impactos para sociedade e meio ambiente e o que a legislação ambiental determina sobre este mesmo assunto. No que se refere a pesquisa bibliográfica Macedo (1995) determina que é uma busca de conhecimentos bibliográficos, uma seleção de registros que se possuam alguma relação com o problema da pesquisa e o respectivo fichamento das referências para que possam futuramente serem empregadas.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

Este trabalho se estrutura a partir da contextualização do estudo na introdução, com seus objetivos, justificativa, problemática e os procedimentos metodológicos utilizados para a construção do estudo. Em seguida foi realizada uma abordagem teórica em relação aos resíduos industriais, o coprocessamento de resíduos, problemas ambientais, legislações e indústrias cimenteiras no Brasil. A seção seguinte, são apresentados os resultados da pesquisa; e finalizando o artigo, a quarta parte traz as considerações finais considerado o atingimento dos objetivos, as dificuldades e limitações enfrentadas, sugerindo algumas recomendações para realização de futuros trabalhos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Descarte de Resíduos Sólidos Industriais

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2004) aponta que os resíduos sólidos industriais são todos os restos de materiais que estejam na forma sólida ou semissólida, que foram gerados a partir das ações industriais, que incluem lodos e certos líquidos, nos quais suas propriedades o tornam impossível de ser despejado nas vias pública de esgotos ou na malha hidroviária.

Esses resíduos que sobram das atividades indústrias são considerados como uma das adversidades ambientais mais significativas, pois grandes quantidades desses materiais é depositada em aterros sanitários, uma alternativa deficiente e incorreta, apesar do aterro ser localizado em um espaço próprio, que não irá poluir o ambiente, esta opção não é sustentável, considerando que os restos desses materiais não se decompõem (MELO *et al*, 2011).

Em agosto de 2010 foi sancionada a Lei nº 12.305, que implementa a política dos resíduos sólidos, estabelecendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, como também as orientações relacionadas à gestão integrada e a administração de resíduos sólidos, abrangendo os perigosos, às obrigações dos produtores e do poder público e as ferramentas econômicas aplicáveis (BRASIL, 2010).

Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Lei 12.305\10 engloba definições mais recentes sobre a gestão de resíduos sólidos e se dispõe a trazer novas instrumentos à legislação ambiental brasileira. No Art. 3º por exemplo, a Lei estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; destinação final dos resíduos de forma correta; incentiva a logística reversa; padrões sustentáveis de produção, de forma que atenda a geração atual e não afete as futuras (BRASIL, 2010).

#### 2.1.1 Coprocessamento de resíduos

Coprocessamento é um método de eliminação térmica de resíduos tanto líquidos e pastosos como também secos, sendo processados em fornos de cimento, em que se é reaproveitada a energia gerada no processo, podendo ser utilizada como combustível e como matéria-prima na fabricação do clínquer, para substituir algum outro material presente na fórmula do cimento, desde que os resíduos substitutos tenham propriedades semelhantes com a substância a ser substituída (SILVA E CERVIERI, 2015).

O processo de coprocessamento é gerado a partir da necessidade de atender as exigências ambientais, são impostas inúmeras normas para estabelecer uma barreira de até que ponto pode chegar. No Brasil, é um procedimento muito utilizado na queima de resíduos industriais ou na utilização como matéria-prima para a produção de um produto (MARINGOLO, 2001).

Portanto, o coprocessamento no cenário de hoje é considerado ambientalmente a maneira mais correta para se dar um fim aos resíduos industriais. Sendo considerado um procedimento pró-sustentabilidade de extermiação térmica de sedimentos em fornos de cimento, pois as empresas produzem energia gerada e como matéria-prima, sem impactar a qualidade do produto e ainda eliminar absolutamente o resíduo, sem provocar nenhum dano a natureza (MELO et al, 2011).

A CSI (2005) destaca que o coprocessamento contribui na redução de resíduos sólidos que são destinados a aterros industriais ou sanitários, na diminuição de doenças, na menor taxa de extração de recursos minerais e de combustíveis virgens, como também dando um fim para alguns produtos perigosos.

### 2.1.2 Revestimento de cubas

O revestimento gasto de cubas é proveniente da produção de alumínio, contendo em grandes quantidades cianeto na sua composição, que ultrapassam os limites permitidos pela ABNT NBR 10004\04. Sendo gerada em média entre 20 a 30kg de RGC por tonelada produzida de alumínio primário, variando de acordo com a produção de cada empresa. Apesar de anos de produção desse resíduo, a destinação final dele ainda é um problema, a maior parte está depositada em aterros industriais, mas o coprocessamento nas indústrias de cimento tem se tornado a opção mais correta (PRADO, 2008).

Para a fabricação do alumínio é realizado um processo denominado banho eletrolítico, onde os componentes principais são o anodo e o catodo, o catodo é composto por: material refratário, a pasta catódica e blocos de carvão. Durante o processo o carvão e o material refratário absorvem parte dos componentes do banho, que comprometem a integridade dos catodos, esses materiais danificados são chamados de Revestimento Gastos de Cubas (RGC) (LAZARINOS, MOURA E CARDOSO, 2009).

Dentre os malefícios do RGC para as pessoas e meio ambiente podem ser apontados irritação aos olhos e pele. Por ser um resíduo de origem alcalina, em contato com a umidade ou

água são gerados e emitidos amônia e gás fosfina, além de também ser inflamável, sendo mais perigoso em espaços confinados. Se o colaborador ficar durante um longo período exposto ao gás liberado por esse resíduo pode ser letal, podendo ser absorvido pela pele, ocasionando problemas dermatológicos e causando dores de cabeça, fraqueza e náuseas (MELO *et al*, 2011)

Melo *et al* (2011) destacam a importância de fazer o manuseio adequado desse resíduo, devendo ser guardado em local seco e ventilado, não podendo ter contato com o solo e não podendo ter contato com água ou algum ácido. Para uma pessoa poder trabalhar com o RGC, ela deve ter vários cuidados pessoais, como uso de equipamentos de segurança, como roupas apropriadas, respirador contra pó, óculos de proteção, capacete, bota de segurança, luvas e manter o local ventilado.

## 2.2 Problemas ambientais

As ações do ser humano são as principais causas do aquecimento global e alterações do clima, ocasionando a extinção de diferentes espécies e implicando em efeitos negativos do bem-estar da sociedade. Seja transformando várias áreas florestais em campos limpos para a agricultura e pecuária quanto na geração de resíduos (JURAS, 2012).

Nesse contexto, é importante que haja uma gestão dos resíduos para manter a qualidade do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. A política de prevenção e gestão de resíduos, aplica-se na seguinte hierarquia: prevenção e redução; preparação para a reutilização; reciclagem; outros tipos de valorização, por exemplo a valorização energética; e eliminação (JURAS, 2012).

Além disso, Silva e Cervieri (2015) consideram que para diminuir os impactos causados pela sociedade e as indústrias, que geram várias toneladas de excesso de resíduos, deve ser seguido uma das várias maneiras de descarte desses resíduos:

- A incineração, que é a queima de materiais secos, porém gera muitas cinzas e poluição do ar;
- A compostagem, que consiste no processo de decomposição de resíduos orgânicos e ao final do processo todo o material pode ser reaproveitado como adubo;
- O coprocessamento, que é a queima de resíduos líquidos, pastosos e secos dentro de fornos de cimentos, sendo reaproveitado tanto como energia como matéria-prima;
- A reciclagem, que consiste em reaproveitar materiais, dando um novo ciclo de vida para esse material, como garrafas pet, papéis e madeira;

- E o aterro sanitário, que acondiciona e cuida para que o lixo não gere tantos danos ao meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, BRASIL (2010), foi um ponto crucial na questão do gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, graças a sua aprovação na Lei nº 12.305 no ano de 2010, pois estabeleceu princípios, objetivos e diretrizes, incluindo a logística reversa, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e um plano para administração de resíduos sólidos.

### **2.3 Legislação ambiental brasileira**

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos aplica-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, que inclui os resíduos perigosos, menos os rejeitos radioativos. Sendo de responsabilidade dos geradores e do poder público a prevenção e tomar as devidas precauções (BRASIL, 2010).

De acordo com a Lei nº 12.305/20 no Art. 3º, inciso VII – destinação final ambientalmente adequada. Fala sobre a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, aplicando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

A Lei 12.305/2010 aponta várias medidas que precisam ser usadas para efetivação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Entre eles, tem alguns que decorrem da gestão ambiental, por exemplo: a educação ambiental e o monitoramento e fiscalização. Tendo como instrumentos específicos a listagem de resíduos sólidos, o estímulo à criação e a evolução de cooperativas sustentáveis ou algum outro método de participação dos catadores de materiais que podem ser reaproveitáveis (JURAS, 2012).

Juras (2012) cita que a lei também prevê no art. 7º inciso XII, a importância do papel dos catadores de resíduos que podem ser reutilizados e recicláveis, aplicando a responsabilidade compartilhada do ciclo de vida do produto, pois eles auxiliam na diminuição do volume das pilhas de resíduos sólidos e em um menor impacto ambiental gerado a eles.

## 2.4 Indústrias cimenteiras

No Brasil as primeiras instalações permanentes de uma empresa industrial aconteceram apenas no final da década de 1920, com o início das atividades de uma fábrica da Companhia Brasileira de Cimento Portland (CBCP), onde a capacidade da manufatura era de 60 mil toneladas e era gerenciada por canadenses, mas 30%, era gerenciada por capitais nacionais (FERREIRA, 1999).

Uma das primeiras fábricas localizava-se no Bairro Perus, município de São Paulo, por questões estratégicas, dentre elas a descoberta de enormes reservas de calcário e por ser próxima do seu grande cliente, São Paulo. Essa instalação industrial precedeu uma grande referência no ramo cimenteiro do país, pois até o ano de 1925, todo o cimento que o país consumia era importado, em razão do público consumidor ser pequeno e ao grande capital que seria necessário para criar uma empresa com capacidade de produção e tecnologia competitiva (SANTOS, 2011).

Cunha e Fernandez (2003) argumentam que além de capital para investimento, o processo de fabricação do cimento exige uma grande quantidade energia, no qual o óleo combustível é um dos maiores custos da indústria de cimento. Logicamente, o acesso a outras fontes de energia mais volumosas e de menos custos, estabelece um significativo ponto chave para a competitividade no ramo do cimento.

Andrade, Cunha e Silva (2002) defendem que as novas empresas que não conseguem se estabelecer em nenhum grupo do ramo, logo são absorvidas pelas poderosas multinacionais, que atualmente são grandes produtoras de cimento, concretos, inúmeros produtos voltados para a construção civil e agregados como calcário agrícola que também é encontrado a sua matéria-prima nas minas de produção do cimento. Dessa maneira, ocorre uma reestruturação da indústria do cimento mundialmente, pelo fato dos grupos internacionais comprarem unidades de pequeno porte.

## 3 RESULTADOS E ANÁLISE

O estudo apresenta o caso de uma empresa multinacional de origem brasileira que atua no ramo do cimento. A multinacional possui uma longa história de inovação e sucesso, que desempenha um papel crucial na economia e no setor da construção civil. É uma organização que possui uma imagem positiva por se manter comprometida com a sustentabilidade e por

sempre procurar formas de reduzir os impactos ambientais, se preocupando com a geração de resíduos sólidos produzidos durante os processos produtivos não somente de sua própria empresa, mas também de outras, como a indústria de alumínio. Para tanto, a empresa implementa ações que possam minimizar os impactos no meio ambiente e faz uma gestão eficiente dos resíduos sólidos, através da reutilização e reciclagem, principalmente no coprocessamento, que é uma técnica eficaz para diminuir a utilização de combustíveis fosseis, transformando esses resíduos em energia térmica, além de obter redução de custos, eficiência energética e fortalecendo sua posição competitiva no mercado.

Os dados foram coletados com a aplicação de um questionário, que foi gravado e respondido verbalmente por uma engenheira ambiental e um supervisor de produção. A metodologia inclui um questionário subdividido em três partes: O revestimento de cubas, a Legislação e responsabilidade social e Perspectivas futuras, onde algumas perguntas estão relacionadas ao coprocessamento do RGC na empresa cimenteira, como esse processo agrega de positivo ao meio ambiente, no que esse resíduo contribui em questões de geração de energia, qualidade do cimento e como a legislação trata essas questões dentro da empresa.

### **3.1 Resíduo gasto de cubas**

Este artigo tem como principal objetivo descrever como o processo de coprocessamento do RGC pode contribuir para reduzir possíveis efeitos negativos na saúde do meio ambiente e preservar as pessoas de seus impactos, a partir da queima nos fornos de cimento. Resíduo esse que é produzido pela indústria de alumínio, onde pode trazer benefícios e maléficos para o meio ambiente dependendo da forma que for destinado, mas no caso em questão, proporciona uma receita para a cimenteira para realizar a destruição desse resíduo.

Como o alumínio não é encontrado puro na natureza, são realizados vários processos para chegar no produto final e durante o processo são gerados lixos, o RGC, deve ser tratado com muita segurança, pois se houver algum erro na estocagem ou se fizer o descarte incorretamente, ele pode contaminar os lençóis freáticos, pessoas e tudo que entre em contato.

Os respondentes afirmam que dentre as formas realizar o descarte de resíduos sólidos, o mais eficaz é o coprocessamento com a queima em fornos de produção de cimento, onde é realizada a mais de 1.400 °C. Contendo em sua composição: carbono (C); Flúor aluminato de sódio ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ); óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ); fluoreto de cálcio

(CaF<sub>2</sub>); sulfato de ferro (FeS); fósforo (P); cianeto (CN<sup>3-</sup>). Encontra-se na forma sólida, que são blocos de tamanhos variados, possuindo um odor leve de amônia.

De acordo com os dados coletados, foi constatado que ele tem uma função muito importante no processo produtivo do cimento, tendo como objetivo baixar o ponto de fusão na clínquerização do cimento, ou seja, fazer o resfriamento. Além disso, verificou-se que sem ele, a empresa teria que trabalhar com o forno mais quente e conseqüentemente utilizar mais combustíveis fosseis para manter a fase líquida.

Os resultados também apontaram que na receita do cimento, tem um limite de aplicação desse resíduo, o RGC deve representar 1% do processo da farinha, se ultrapassado esse limite alteraria a resistência inicial do cimento e prejudicando o produto, devido a alta quantidade de flúor que é extraído. Por exemplo, um moinho produz 180 toneladas por hora, se o moinho rodar 21 horas, ele produzirá 3.780 toneladas, desse volume total 1% é o RGC, que é cerca de 37 toneladas. Durante a queima o RGC ele é consumido, virando energia térmica e um dos componentes da receita do cimento. Ele por ser um “lixo” não é substituível, é somente restos que sobram no fundo da cuba durante o processo da alumina.

Embora o RGC proporcionar vários benéficos, a empresa possui um cuidado extremo por ele ser um resíduo perigoso classe I, tomando as devidas providências para garantir a segurança dos colaboradores envolvidos como também manter o meio ambiente livre de qualquer contaminação. Para isso existe um documento chamado Ficha De Informações De Segurança De Produtos Químicos (FISPQ), onde menciona que o produto deve ser bem armazenado com área coberta, o solo deve ser revestido, não pode por hipótese alguma entrar em contato com a água, por liberar gases tóxicos e inflamáveis quando em contato e todos os colaboradores devem usar seus Equipamentos de proteção individuais (EPI).

Para entender melhor o que é a FISPQ, ela é um documento que contém informações essenciais sobre os riscos e as precauções relacionadas ao uso e manuseio de produtos químicos. Ela é construída pela empresa que fornece o resíduo, tendo como principal objetivo garantir a segurança das pessoas envolvidas direta e indiretamente. Nela estão dispostas medidas de primeiros socorros em caso de acidentes, orientações de combate a incêndio e qual a composição física e química do produto.

Além disso, possui o nome do resíduo, quem fabricou, alerta sobre os perigos do produto, como inflamabilidade e toxicidade, traz uma lista de todos os componentes presentes, o que fazer caso haja algum vazamento, como deve ser armazenado e como deve ser transportado

com segurança, ou seja, a FISPQ é um documento imprescindível para garantir a segurança no manuseio, transporte e armazenamento de produtos químicos.

Em relação a termos econômicos, a empresa cimenteira ao trabalhar com o coprocessamento desse resíduo só tende a ganhar, pois as empresas como as de alumínio pagam as cimenteiras para destinar adequadamente esse resíduo, além de contribuir para diminuição de gases poluentes e o volume de aterros sanitários. Além disso, a empresa obteve uma redução de custos com a quantidade de coque consumida, um combustível fóssil derivado do petróleo.

De acordo com a problemática da pesquisa que alerta sobre os riscos do manuseio do RGC e qual a forma mais adequada de ser feito o descarte, o coprocessamento em indústrias no ramo do cimento, apesar de não ser a forma mais correta, por poder acarretar algum incidente durante o transporte entre a empresa geradora até chegar a empresa consumidora, podendo ocorrer a contaminação do solo e trazer ameaças à saúde pública, causando morte ou geração de doenças.

Nesse sentido, pode ser percebido que o objetivo geral e os específicos foram alcançados. Os resultados apontaram que a prática do coprocessamento proporciona ganhos significativos, tanto econômicos como socioambientais, beneficiando tanto a empresa como o meio ambiente. Dentre os resultados, pode se destacar:

- Redução de custos: o resíduo gera uma economia muito importante para a empresa, utilizando o RGC como combustível alternativo reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis e reduzindo os gastos com energia;
- Redução do impacto ambiental: com a queima do resíduo o coprocessamento permite a recuperação energética, evitando ser destinado para aterros industriais. Essa estratégia contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa e para a preservação dos recursos naturais;
- Melhoria na qualidade do cimento: como a empresa segue uma regra de dosagem bem rigorosa, o revestimento gasto de cubas pode ser utilizado como substituto de algumas matérias-primas para produzir o cimento, onde contribui também na melhoria da qualidade do produto final e na resistência inicial do produto;
- Cumprimento das leis: a cimenteira segue todos os critérios técnicos e ambientais para garantir a segurança e eficiência do coprocessamento do revestimento gasto de cubas;
- Ganhos sociais: a queima desses resíduos nos fornos de clínquer, faz com que ele seja eliminado completamente, mantendo a preservação do meio ambiente e das pessoas.

Além disso, esse tipo de projeto de sustentabilidade eleva positivamente a imagem da indústria, por consumir passivos ambientais, que beneficia tanto a geração atual como as futuras.

### **3.2 Legislação e responsabilidade social**

A empresa possui um plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais (PGRSI), para atender as obrigações legais e sociais. Este é um documento onde consta quais resíduos a empresa está utilizando e qual a melhor forma para armazenagem, tendo a obrigação de seguir o que está protocolado em acordo com o órgão ambiental. Além disso, a cimenteira possui uma licença que autoriza a empresa a conduzir atividades de coprocessamento de resíduos em fornos de produção de clínquer, a CONAMA 499/20, criada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, documento muito importante pois a empresa é auditada por seus fornecedores.

Ainda em termos legais, existe a Lei Nº 9.605 de 1998, a Lei de Crimes Ambientais, que dispõe sobre sanções administrativas e penais derivadas de atividades que podem prejudicar o meio ambiente. Com o descumprimento dessa Lei, a empresa corre o risco de perder suas licenças, sofrer processos administrativos como multas e até mesmo o fechamento da indústria. Nesse sentido é imprescindível o cumprimento da FISPQ e o treinamento dos funcionários, pois a exposição durante muito tempo pode causar desmaios e se permanecer no local a muito mais tempo a pessoa pode chegar a óbito.

A multinacional possui um gerenciamento de risco, o qual serve para evitar acidentes. Orientando como devem ser tomado as devidas providências para que os resíduos não contaminem nada, devendo ser transportado em caminhões fechados, ser descarregado em local adequado, ter um limite máximo para estocagem e exigindo que só pode ser manuseado por operadores qualificados e dentro de equipamentos. É a FISPQ que assegura a empresa de toda a composição química e física do produto, informando quais os riscos ambientais e para a saúde do operador.

Em vista disso, a empresa impõe aos seus colaboradores a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI). Nenhum colaborador pode trabalhar sem os EPIs necessários, caso o contrário é motivo de demissão por justa causa. Os EPI's são: óculos de proteção com anteparos laterais, luvas e vestuário para evitar o contato com a pele, bota e máscara com filtro de carvão ativado para filtrar a geração de substâncias químicas. Além de garantir o armazenamento em local seco e arejado para evitar possíveis liberações de gases tóxicos.

O RGC pode provocar várias implicações prejudiciais as pessoas como irritação nos olhos e pele quando em contato, irritação no sistema respiratório. Quando em contato com a água ou umidade libera a produção de amônia, causando riscos de explosão pois libera nessa reação química com a água gases inflamáveis como metano e hidrogênio, mas é mais perigoso quando está em um local confinado e mal ventilado.

### **3.3 Perspectivas futuras**

O estudo também abordou as perspectivas futuras em função da visão da indústria cimenteira, que possui um plano juntamente com outras grandes indústrias do cimento de até no ano de 2030 ter uma redução de 49% na emissão de gases e de aumentar a substituição térmica através do uso de resíduos sólidos. Pois, o RGC auxilia na economia de consumo de combustíveis fósseis, o coque de petróleo, que atualmente possui um valor elevado e é prejudicial ao meio ambiente. O plano busca cumprir a agenda 30 proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU) onde trata de ações globais com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) buscando proteger o planeta e promover uma sociedade pacífica e inclusiva até 2030.

Os dados também mostraram que quando feita a redução do consumo de coque, o coprocessamento proporciona alguns benefícios, como a redução de custos para produzir o cimento, conseqüentemente o produto sai mais barato e com mais qualidade, ambientalmente melhora a imagem da empresa com as partes interessadas, por consumir passivos ambientais para a indústria de alumínio e contribui para redução de gases poluentes.

Para tanto, o estudo, não aborda questões falando somente do RGC, mas sim de resíduos classe II, o coprocessamento pode ser utilizado para a recuperação de energia a partir de fontes alternativas de combustíveis para o forno como mencionado anteriormente, resíduos que iriam para aterros sanitários, lixões e prejudicariam a saúde das pessoas e meio ambiente, podem virar fonte de energia térmica para a indústria do cimento, exemplo são pneus picados, caroços de açaí e a casca do babaçu, gerando ganhos econômicos e ambientais.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo identificou que o coprocessamento traz alguns benefícios econômicos como o ganho de capital a partir da venda dos serviços de queima, não somente da indústria de alumínio,

pois as outras empresas produtoras de resíduos sólidos pagam as cimenteiras para consumir esses resíduos, os transformando em combustíveis para o forno. Com a queima do RGC, é realizado a diminuição da quantidade de coque consumida, visto que ele tem propriedades que melhoram a qualidade do cimento e ainda possui a capacidade de se tornar energia térmica para a produção do cimento, a redução da emissão de gases, melhorando a imagem da empresa sobre os órgãos ambientais.

Por conseguinte, o estudo de caráter ambiental pode trazer um entendimento maior de todo esse processo, podendo contribuir para projetos futuros, abordando a relevância da sustentabilidade ambiental e o setor industrial, por meio do coprocessamento do Revestimento Gasto de Cubas.

#### **4.1 Contribuições do trabalho**

O coprocessamento do resíduo gasto de cubas na indústria do cimento é um tema de grande importância e relevância para a sustentabilidade e o desenvolvimento da empresa. A construção do estudo aborda um tema com contribuições significativas para o conhecimento e as práticas relacionadas a esse projeto. Contribuindo a entender qual seria a alternativa mais sustentável para gerenciar o RGC, alertando sobre os riscos à saúde do colaborador e ao meio ambiente.

Destacando os impactos ambientais associados ao coprocessamento sobre a emissão de poluentes na atmosfera, a destinação de resíduos e a contaminação do solo e água. O conhecimento em relação aos prejuízos desse resíduo é essencial para desenvolver uma consciência e práticas mais sustentáveis para evitar possíveis danos colaterais. Também se destacou a análise da viabilidade técnica e econômica desse processo, como a eficiência térmica, a melhoria na qualidade do cimento, substituição de outros combustíveis e os limites que são adotados para não sair do controle e prejudicar o produto. Contribuindo então para a compreensão dos benefícios e desafios associados ao manuseio desse resíduo.

Abordou-se também a preocupação da empresa com a questão da segurança, que vai além da preocupação com o meio ambiente, mas com a saúde dos colaboradores envolvidos na atividade, pois não permite que nenhum funcionário trabalhe sem todos os EPI necessários, todos os cuidados que devem ser tomados e alertando sobre os prejuízos que esse resíduo pode gerar com o descumprimento das normas de segurança estabelecidas.

## 4.2 Trabalhos futuros

Com base na pesquisa apresentada, os trabalhos futuros podem propor abordagens inovadoras para o coprocessamento do revestimento gasto de cubas, onde pode ser incluído o desenvolvimento de novas técnicas de produção, a aplicação de novas tecnologias que sejam mais eficientes, incluir estratégias de gestão de resíduos com um monitoramento e avaliação mais precisa. Contribui também como ponto de partida e referência para trabalhos futuros, apontando pontos que não foram abordados na pesquisa, propor abordagens inovadoras e estimular pesquisas adicionais da área, além de identificar possíveis lacunas que podem ser resolvidas, auxiliando para o crescimento do conhecimento e para a busca contínua da indústria do cimento para trabalhar com soluções cada vez mais sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L. A. DE; CUNHA, L. M. DA S.; SILVA, M. Do C. **Desenvolvimento e perspectivas da indústria de cimento**. BNDES Setorial, rio de janeiro, 2002. p. 35-62.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de janeiro: ABNT, 2004. p. 9-11.

BRASIL. Lei Nº 12.305, 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: 112305 (planalto.gov.br)

CSI - Cement Sustainability Initiative Wbcsd. Guidelines For the selection and use of fuels and Raw Materials in the cement Manufacturing Process. December 2005, version 1.0. Disponível em: <http://www.wbcsdcement.org/fuels.asp>.

CUNHA, Luiz Mauricio da Silva; FERNANDEZ, Cassiana Yumi Hayashi. **A indústria de cimento: perspectivas de retomada gradual**. BNDES setorial, Rio de Janeiro, 2003. p. 149-154.

FERREIRA, Araceli Cristina de Sousa. **Contabilidade ambiental**: uma informação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: atlas, 2003.

FERREIRA, M. A. A. M. **O Desenvolvimento Regional do Mato Grosso do Sul: O Caso do Cimento**. 1999. Dissertação (mestrado em geografia) - Faculdade De Ciências E Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1999.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 20-29, 1995.

JURAS, I. A. G. M. **Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos**. Consultoria legislativa da câmara de deputados. Brasília, 2012.

LAZARINOS, J. G. C.; MOURA, F. J.; CARDOSO, A. B. Caracterização e tratamento de revestimentos gastos de cuba oriundos do processo de obtenção de alumínio. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 5, n. 3, p. 127-132, 2009.

LAZARINOS, Jose Giovanni Concha. **Tratamento de revestimentos gastos de cuba eletrolítica da indústria de alumínio**. 2007. Tese de doutorado. Universidade católica do rio de janeiro, 2007. Disponível em: [https://www.Maxwell.Vrac.Puc-rio.Br/10023/10023\\_1](https://www.Maxwell.Vrac.Puc-rio.Br/10023/10023_1).

MACEDO, Neusa Dias de. **Iniciação à pesquisa bibliográfica**. Edições loyola, São Paulo. 1995. Disponível em: Iniciação à pesquisa bibliográfica - Neusa Dias de Macedo - google livros

MARINGOLO, Vagner. **Clínquer Coprocessado: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento**. 2001. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELO, M. M.; MORAIS, K. M. de S.; MELO, R. A DE.; LIMA, H. M. O.; PINHEIRO, H. M. de B. Ganho ambiental e econômico com o projeto da queima de resíduo RGC da Fábrica de Cimento Poty de Sobral-CE. In: anais do congresso brasileiro de custos-abc. Rio de Janeiro, 2011.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

PRADO, Ulisses S. Do, *et al.* **Obtenção de fritas utilizando resíduos industriais: Uso De Resíduo Perigoso Da Indústria Do Alumínio – “SPL”**. São Paulo. 2008. p. 33-37.

PRADO, Ulisses Soares do. **Nova alternativa para reaproveitamento do resíduo perigoso gerado na produção de alumínio primário (SPL): obtenção de vidros opacos e fritas**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2008.

SANTOS, Leandro Bruno. **A indústria de cimento no Brasil: origens, consolidação e internacionalização**. 2011. Dissertação (Doutorado em geografia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Uberlândia, 2011. p. 77-94.

SILVA, F.; CERVIERE, L. Tratamento de Resíduos Sólidos: uma grande contribuição para o meio ambiente. **Revista Maiêutica**, Indaial, v. 3, n. 1, p. 41-47, 2015

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007. Disponível em: \*a2007\_v20\_n05\_art10.pdf (cardiol.br)

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – Questionário para elaboração da coleta de dados sobre o RGC

#### Resíduo gasto de Cubas

1. Quais são as principais considerações para a seleção do resíduo gasto de cubas em uma determinada aplicação?
2. Como o resíduo gasto de cubas afeta a eficiência e a qualidade do processo de produção?
3. Como o custo do resíduo gasto de cubas se compara ao custo de outras opções de revestimento em termos de durabilidade e eficiência?
4. Quais são os principais aspectos de segurança relacionados à aplicação e manutenção do resíduo gasto de cubas?
5. Como o coprocessamento pode contribuir para a produção sustentável de materiais de construção, como o cimento?
6. Quais são os efeitos do resíduo de cubas na qualidade e homogeneidade do cimento produzido?
7. Como é feita o manuseio do revestimento gasto de cubas e quais são as ferramentas e equipamentos necessários? Existe algum padrão operacional?
8. Como é feita a separação e armazenamento do revestimento gasto de cubas antes da destinação final?

#### Legislação e Responsabilidade Social

9. Quais são as obrigações legais das empresas em relação à aplicação do revestimento de cubas?
10. Quais são as penalidades previstas em lei para empresas que descumprem as normas e regulamentações relacionadas ao revestimento de cubas?
11. Como a legislação brasileira protege a saúde e a segurança dos trabalhadores envolvidos na aplicação do revestimento de cubas?
12. Quais são os procedimentos de segurança que devem ser seguidos durante o manuseio do revestimento gasto de cubas e quais são as precauções que devem ser tomadas durante o manuseio do revestimento gasto de cubas para minimizar os riscos de contaminação?
13. Quais são as medidas de segurança que devem ser adotadas pelos colaboradores envolvidos no manuseio do revestimento gasto de cubas?

### **Perspectivas Futuras**

14. Quais são os benefícios do revestimento de cubas em termos de economia de energia na produção de cimento?
15. Quais são as vantagens competitivas que a indústria do cimento pode obter com o uso de revestimento de cubas?
16. Como o coprocessamento pode ser utilizado na recuperação de energia a partir de resíduos não perigosos?
17. Quais são as perspectivas futuras para o uso do coprocessamento na indústria de construção?