

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**


AKIM ALEXANDRE CARDOSO MEDEIROS

**VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS EM MATERIAIS
CERÂMICOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**BLUMENAU
2018**

AKIM ALEXANDRE CARDOSO MEDEIROS



**VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS EM MATERIAIS
CERÂMICOS**

Monografia apresentado como requisito parcial para avaliação da disciplina de Metodologia da Pesquisa do Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, polo UAB Blumenau da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira.

Orientador: ALEX SANCHES TORQUATO

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

BLUMENAU
2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Especialização em Gestão Ambiental em Municípios



TERMO DE APROVAÇÃO

VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS EM MATERIAIS CERÂMICOS

Por

AKIM ALEXANDRE CARDOSO MEDEIROS

Esta monografia foi apresentada às 8:30 do dia 25 de agosto de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Blumenau/SC, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. ALEX SANCHES TORQUATO
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof^a. Dra. Maria Antonia Bartolomeu Agustini
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e coragem e a minha esposa Cassiana Valler Custodio que é meu grande amor, que nas horas que mais precisei sempre esteve ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

A minha linda esposa, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

Ao meu orientador professor Alex Sanches Torquato pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

RESUMO

MEDEIROS, Akim Alexandre Cardoso. Viabilidade de utilização do lodo de estação de tratamento de efluentes industriais em materiais cerâmicos. 2018. Quarenta e três folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Os resíduos sólidos estão se tornando um problema grave ao no planeta, pois cada vez mais temos diferentes tipos de processos e resíduos industriais, formas de tratamento de resíduos passaram a ser prioridade, a simples disposição final no solo já não é uma opção resolutive. A presente monografia justifica-se pela demanda crescente em encontrar maneiras de reutilização de resíduos e subprodutos de origem não perigosa, denominados classe II pela ABNT 10004/2004. Este estudo que tem por método a pesquisa bibliográfico aborda resultados de pesquisa referente ao reaproveitamento de lodo de estação de tratamento de efluentes, este resíduo sólido tem recebido atenção especial devido à grande quantidade produzida e, conseqüentemente, ao custo demandado para destino em aterros industriais. Por se tratar de um resíduo de característica classe II em sua maior parte, ainda temos a crescente problemática de envio para disposição final nos aterros sanitários. O presente trabalho levantou a possibilidade da incorporação do lodo de estações de tratamento industriais para dar viabilidade ao resíduo sólido e de incorporação em massas cerâmicas para produção de diversos produtos através de pesquisa bibliográfica. Através da pesquisa observou-se que é possível adicionar lodo de estação de tratamento em massas cerâmicas e com o benefício ambiental de que os resíduos não serão mais dispostos em aterros e sim reutilizados como subprodutos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, materiais argilosos, efluentes líquidos, cerâmicas.

ABSTRACT

MEDEIROS, Akim Alexandre Cardoso. Feasibility of using sewage sludge from industrial effluents in ceramic materials. 2018. Quarenta e três folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Solid waste is becoming a serious problem on the planet, as more and more we have different types of processes and industrial waste, forms of waste treatment have become a priority, the simple final disposal in the soil is no longer a resolutive option. monograph is justified by the growing demand to find ways to reuse waste and by-products of non-hazardous origin, denominated class II by ABNT 10004/2004. This study, whose method is the bibliographic research, deals with research results regarding the reutilization of sewage treatment plant sludge, this solid waste has received special attention due to the large quantity produced and, consequently, to the cost demanded for destiny in industrial landfills. Because it is a class II waste for the most part, we still have the growing problem of sending for final disposal in landfills. The present work raised the possibility of the incorporation of sludge from industrial treatment plants to give viability to the solid residue and of incorporation in ceramic masses to produce several products through bibliographic research. Through the research it was observed that it is possible to add treatment plant sludge to ceramic masses and with the environmental benefit that the waste will no longer be disposed of in landfills but reused as by-products.

Keywords: Solid wastes, clayey materials, liquid effluents, ceramics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da produção brasileira de alguns segmentos cerâmicos.....	7
Figura 2 – Diagrama granulométrico de Winkler	10
Figura 3 – Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento	12
Figura 4 - 5Rs.....	19
Figura 5 - Arvore para a distinção entre resíduos e subprodutos. (Associação Empresarial de Portugal 2011)	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de materiais cerâmicos seguidos pela produção	19
Tabela 2 – Destino final de resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduo, brasil – 1989/2008.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	5
3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 INDÚSTRIA CERÂMICA	6
3.1.1 Matéria-prima da indústria cerâmica	7
3.1.2 Formulação da massa cerâmica	9
3.1.3 Conformação dos artefatos cerâmicos.....	11
3.2 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA DE ARTEFATOS CERÂMICOS POR MEIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS	11
3.2.1 O processo de tratamento de água	11
3.2.2 Neutralização de efluente residual ácido.....	13
3.2.3 Coagulação e floculação	13
3.2.4 Lodo da estação de tratamento	14
3.2.5 A incorporação do lodo industrial na massa cerâmica	15
5 RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	17
5.1 Política nacional de resíduos sólidos	18
5.2 Resíduos sólidos.....	20
5.2.1 Definição.....	20
5.2.2 Classificação.....	21
5.2.3 Gestão integrada dos resíduos.....	22
5.2.4 Gestão dos resíduos industriais.....	23
5.2.5 Transformando resíduos industriais em subprodutos	24
5.2.6 Reaproveitamentos de resíduos industriais	25
5.2.7 Reaproveitamentos de resíduos na construção civil.....	25
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A urbanização associada ao desenvolvimento econômico-industrial é responsável pelo surgimento de grande quantidade e variedade de resíduos, resultando, esse fenômeno, em imensos depósitos e aterros que degradam o meio ambiente a médio e longo prazo. Para Pereira (2016), esta preocupação tomou uma dimensão mundial, e está chamando a atenção da comunidade internacional a tal ponto que vários países têm trabalhado no estudo de soluções para a diminuição da geração ou reutilização destes resíduos industriais, urbanos ou agrícolas.

Os resíduos sólidos se tornaram uma questão complexa para a humanidade, formas de tratamento de resíduos passaram a ser prioridade, a simples disposição final no solo já não é uma opção resolutive, no entanto, vem sendo largamente utilizada, o que só faz aumentar a necessidade de minimização dos efeitos do desenvolvimento da sociedade contemporânea ao longo do tempo, efeitos estes nem sempre benéficos ao meio ambiente, à vida e ao próprio ser humano. (ARMSTRONG, 2006).

Enquanto por um lado a disposição final de resíduos em aterros licenciados vem sendo uma alternativa legalmente viável para armazenar permanentemente resíduos de origem perigosa ou não, vislumbra-se que a reutilização de resíduos ou a minimização da sua geração deve ser o foco no sistema de gestão ambiental para que o aterro deixe de ser utilizado como alternativa primária de disposição final. Com o auxílio de novas tecnologias e estudos aprofundados deve-se criar alternativas eficazes de utilização de resíduos e sub-produtos em processos que não agridam o meio ambiente. (DOS SANTOS *et al.*, 2006)

A presente monografia justifica-se pela demanda crescente em encontrar maneiras de reutilização de resíduos e subprodutos de origem não perigosa, denominados classe II pela ABNT 10004/2004.

A ideia de que todos os resíduos gerados necessariamente devem ser dispostos em aterro parece ultrapassada. No intuito de solucionar, ou ao menos mitigar essa disposição é essencial que haja uma reflexão, olhando a fundo a composição de cada material e no que ele se transformou, a fim de dar um destino sustentável para cada tipo de resíduo.

Por isso, este estudo tem por escopo demonstrar que a disposição final do resíduo no solo é a última opção a ser utilizada na gestão ambiental, o foco, no presente trabalho é entender o processo da geração do lodo da estação de tratamento de uma indústria que gera efluentes ácidos e identificar possíveis destinos para tal subproduto.

O objetivo deste estudo foi avaliar e identificar alternativas e viabilidade para o destino final do lodo gerado no processo de tratamento de efluente ácido sulfúrico residual em uma indústria que gera efluentes ácidos, apurando a sua classificação através da ABNT 10004/2004 quanto a sua denominação. Contudo o foco do destino final deste estudo foi o emprego em artefatos cerâmicos, como forma de reaproveitamento de resíduos.

Os objetivos específicos foi deixar de adotar como metodologia de destino final o aterro sanitário, aumentar a competitividade de indústrias cerâmicas na inserção de resíduos na massa cerâmica e criar uma cultura que todo resíduo não lixo e sim um produto diferente do que não conhecemos.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

O presente estudo de caráter exploratório, pretendeu demonstrar resultados para que a seja repensado a disposição final de resíduos e analisar a viabilidade da utilização do lodo de estação de tratamento de efluentes industriais ácidos em materiais cerâmicos.

Para a realização do procedimento de coleta de dados, serão utilizadas um conjunto de normas técnicas, trabalhos acadêmicos publicados via internet e livros específicos de destinação de resíduos sólidos e viabilidades.

Posteriormente, foi realizado a análise bibliográfica de pesquisas onde utilizaram lodo de estação de tratamento de efluentes como subproduto na indústria cerâmica e em que quantidade percentual ele pode ser utilizado na formulação de peça de cerâmica, a qual determinou a viabilidade do emprego desse subproduto no ramo da atividade identificada.

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA CERÂMICA

O setor de cerâmico no Brasil está concentrado nos estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde 60 milhões de toneladas de argila são movimentadas por ano, com reflexos nas vias de transportes e no meio ambiente de lavra de argila. Esse setor representa uma parcela importante na geração de empregos, estima-se que o setor emprega 400 mil empregos diretos, 1,25 milhões de indiretos e um faturamento anual de R\$ 6 bilhões. (NAZARÉ, 2006)

Para Motta Bustamante e Carlos Bressiani (2000), o mercado brasileiro convencionou definir e inserir o setor cerâmico em segmentos separados a partir dos produtos produzidos e comercializados. A seguir estão listados na tabela 1 os principais segmentos brasileiros, classificados pelo valor anual de sua produção, e na sequência a figura 1 são mostradas as localizações no Brasil da produção de alguns segmentos:

Tabela 1: Tipos de materiais cerâmicos seguidos pela produção.

Segmento	Valor da produção (1.000 US\$/ Ano)
Cerâmica estrutural (Vermelha)	2.500.000
Revestimentos (Pisos e Azulejos)	1.700.000
Matérias primas naturais	750.000
Refratários	380.000
Cerâmica técnica, especiais, outras.	300.000
Sanitários	200.000
Louça de mesa e adorno	148.000
Fritas, vidrados e corantes.	140.000
Matérias primas sintéticas	70.000
Cerâmica elétrica	60.000
Equipamentos para cerâmica	25.000
Abrasivos	20.000
Total do setor	6.393.000

Fonte: MOTTA BUSTAMANTE e CARLOS BRESSIANI, 2000.

Figura 1: Localização da produção brasileira de alguns segmentos cerâmicos



Fonte: MOTTA BUSTAMANTE e CARLOS BRESSIANI, 2000.

No setor das indústrias cerâmicas pode-se observar uma diferença regionalizada de segmentos como demonstra a figura 1, por conta disso existe muita competitividade, a exigência por produtos com qualidade é requisito essencial para a permanência da empresa no mercado. Nesse sentido, o segmento percebe a necessidade de enquadrar seus produtos às exigências técnicas, o que o padroniza e proporciona redução de custos e de impacto ambiental. (OLIVEIRA, 2011).

Este setor se destaca na reciclagem de resíduos industriais e urbanos em virtude de possuir elevado volume de produção que possibilita o consumo de grandes quantidades de rejeitos e que, aliado às características físico-químicas das matérias-primas cerâmicas e às particularidades do processamento cerâmico, faz da indústria cerâmica uma das grandes opções para a reciclagem de resíduos sólidos no Brasil. (OLIVEIRA, 2011).

3.1.1 Matéria-prima da indústria cerâmica

A principal matéria-prima da indústria cerâmica é a argila, que é incorporada aos produtos em sua forma natural ou é previamente beneficiada e processada. Para que a utilização da argila seja economicamente viável na produção da cerâmica é necessário que essa matéria-prima tenha um custo de extração e beneficiamento baixo. De maneira geral a argila é classificada em dois grupos de características físico-químicas: (I) plásticos que são considerados materiais argilosos e (II) não plásticos e podem ser fundentes, inertes, carbonatos e talcos. Estes aspectos interferem na fase de conformação das peças cerâmicas, tais como trabalhabilidade e resistência mecânica, e no processamento térmico, como estrutura e cor. (PRESOTTO, 2012).

Para Vieira (1997), os produtos de origem cerâmica são geralmente classificados em duas grandes categorias, os materiais cerâmicos tradicionais, e os materiais cerâmicos avançados. As cerâmicas tradicionais são processadas a partir de matérias-primas naturais e submetidas a métodos convencionais de fabricação e podem ser subdivididas em cerâmica vermelha ou estrutural, cerâmica branca, cerâmica de revestimento, cerâmica refratária, cimento, gesso e cal, vidrado, fritas e corantes, e vidros. Já as cerâmicas avançadas são processadas normalmente a partir de matérias-primas sintéticas e se dividem em cerâmica mecânica, cerâmica elétrica, cerâmica química, bio-cerâmica e cerâmica espacial. A grande quantidade de matéria-prima disponível faz com que haja um crescimento constante neste segmento, aliados a modernização industrial, estabilidade econômica e baixo consumo per capita.

Para a produção de revestimento cerâmico, as especificações técnicas exigem uma formulação específica para uma maior qualidade e durabilidade, como por exemplo, a fundência, estabilidade dimensional e cor de queima. Atualmente nenhuma matéria prima *in-natura* apresenta tais qualidades que possam substituir essa mistura na utilização da produção de revestimentos cerâmicos. (Pinheiro, 2009)

Uma forma muito utilizada para se garantir o maior desempenho da cerâmica é o processo de produção a partir de uma matriz vítrea e um agente que reforça a natureza cristalina. A matriz vítrea compõe a maior parte do material cerâmico, e garante a diminuição da porosidade em um ciclo de queima rápido com temperaturas relativamente baixas, enquanto o agente de reforço de natureza cristalina atua no sentido de reduzir a fragilidade da matriz vítrea. Uma das

combinações mais acessíveis e econômicas é baseada no sistema ternário $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{R}_2\text{O}$, sendo R_2O um óxido alcalino fundente. (PINHEIRO, 2009)

3.1.2 Formulação da massa cerâmica

De acordo com Duarte (2008), a elaboração da massa cerâmica é realizada geralmente com argila de plasticidade elevada denominada empiricamente de argila “gorda”. A referida argila possui característica granulométrica fina e é composta de argilominerais, que será misturada com a argila “magra”, de característica menos plástica com uma quantidade pré-determinada de quartzo. Para que se obtenha um produto de qualidade, essa mistura não pode ser feita de forma aleatória, por isso nas etapas anteriores da fabricação ocorre um estudo de produto e matéria prima chamado de formulação. Na formulação, a proporção das matérias primas é fundamental para dar o equilíbrio ideal e conferir à cerâmica a plasticidade e fusibilidade necessária a fim de propiciar maior resistência mecânica pós-queima.

Para Mendonça (2017) é de suma importância a análise da composição granulométrica para a definição da formulação da massa cerâmica. Ainda observa que as argilas de granulometria muito fina apresentam boa plasticidade e alta resistência mecânica, mas necessitam de uma quantidade considerável de água para desenvolver esta plasticidade. As argilas com pouca plasticidade reduzem consideravelmente a necessidade de água, proporcionando uma redução do ciclo de secagem.

O referido autor cita o diagrama granulométrico de Winkler para definir a formulação segundo os parâmetros de granulação da matéria-prima. Para se classificar a matéria-prima no referido diagrama é preciso dividir sua composição granulométrica em três frações, a saber, argila plástica (porcentagem inferior a $2\mu\text{m}$), argila arenosa (porcentagem entre 2 e $20\mu\text{m}$) e a desplastificação (porcentagem da fração superior a $20\mu\text{m}$). O encontro das paralelas traçadas a partir de cada um dos três lados do triângulo determina a referida posição. Observa-se que, na prática ceramista, a utilização da classificação granulométrica da massa é empírica, baseada na experiência do cerâmico prático, o que dificulta a padronização e a formalização dos conhecimentos da área.

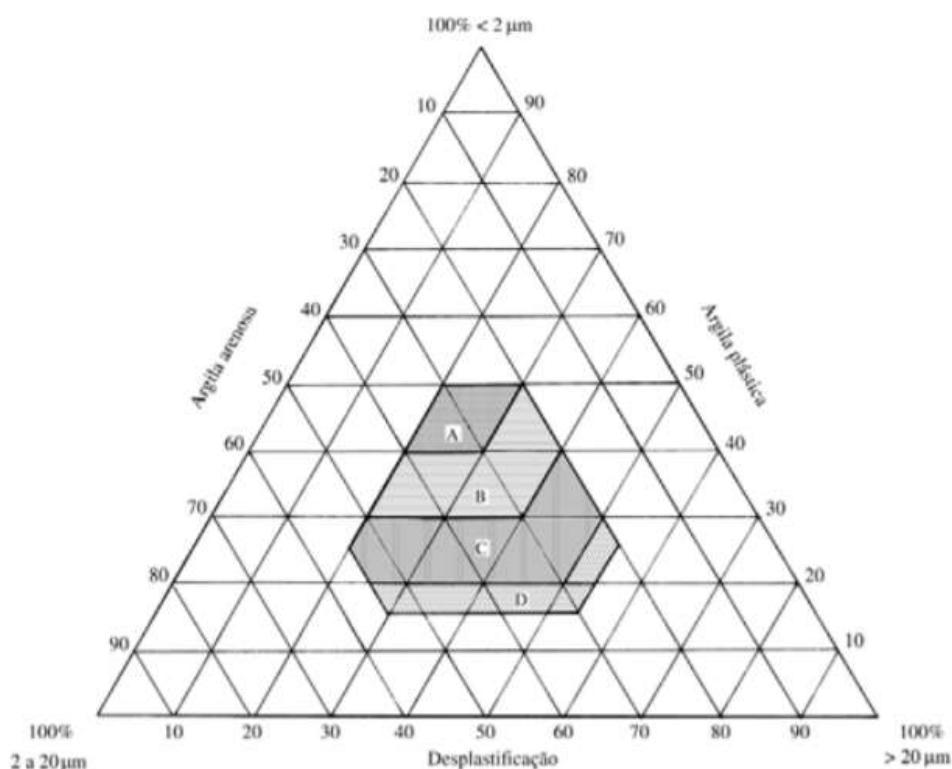


Figura 2: Diagrama granulométrico de Winkler.

Fonte: Mendonça, 2017.

Com o objetivo de aprimorar as propriedades tecnológicas dos produtos Amaral (2016), citou que reformulou, usando o diagrama de Winkler, uma massa cerâmica empregada para fabricação de telhas cerâmicas, onde foi adicionando resíduo de granito. A massa cerâmica foi reformulada de forma tal que, as matérias-primas separadas não eram adequadas para fabricação de telhas cerâmicas, então foi feita a dosagem das matérias-primas para que esta nova massa estivesse na dosagem e granulometria correta para fabricação dos artefatos cerâmicos. Os resultados obtidos pelo autor demonstraram que a massa reformulada obteve melhora na plasticidade, retração linear, absorção de água e resistência mecânica. Comprovando assim a eficiência da utilização do diagrama de Winkler para reformulação de massas cerâmicas na fabricação de telhas.

3.1.3 Conformação dos artefatos cerâmicos

Este passo é responsável por moldar o artefato cerâmico, sendo possível o emprego das mais variadas formas. A conformação é dividida em quatro tecnologias de produção baseadas na consistência da combinação da massa, são elas: métodos de extrusão, de prensagem a seco, de moldagem plástica e de colagem. Especificamente a conformação plástica engloba a produção de artefatos a partir de uma mistura homogênea da matéria prima e aditivos que proporcionam uma massa plástica coesa e deformável, e também de manter sua forma pré-determinada. (SETZ,2011).

Atualmente existem vários métodos de conformação para peças cerâmicas: a colagem, prensagem, extrusão e torneamento. As características do produto desejado dependem fundamentalmente da geometria. A massa cerâmica, ainda úmida e na fase plástica é colocada em uma extrusora, onde é compactada e forçada, por um pistão, a passar através de um molde. Obtém-se, portanto, uma massa extrudada, com dimensões desejadas, que é, em seguida, cortada, obtendo-se, assim, as peças: tijolos furados, blocos, tubos, telhas etc. (SILVA, 2009).

3.2 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA DE ARTEFATOS CERÂMICOS POR MEIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Feita a análise da matéria-prima dos artefatos cerâmicos, apresentadas suas características, bem como verificados os elementos que compõe a massa da cerâmica, passaremos a delinear o estudo sobre o resultado “lodo”, advindo do tratamento de água de efluentes industriais, a fim de verificar se este subproduto poderá compor a massa da produção da cerâmica.

3.2.1 O processo de tratamento de água

Para Camargo (2014) o processo de tratamento de água é realizado com o objetivo de melhorar sua qualidade. Tal procedimento requer diversas etapas, que devidamente observadas, garantem a pureza da água. Por meio de processos e operações com introdução de produtos químicos, a água inadequada para o consumo humano é transformada em um produto que esteja de acordo com o padrão de potabilidade.

O tratamento de água pode tornar-se mais complexo e de elevado custo devido às impurezas advindas dos mananciais de coleta de água, como despejo de resíduos com alto teor de matéria orgânica. No procedimento convencional de tratamento água aplica-se a sedimentação com uso de coagulantes e é compreendido pelas seguintes operações unitárias, como pode ser verificado na imagem abaixo: coagulação, floculação, decantação, filtração para a clarificação da água, seguida da correção do pH, desinfecção e fluoretação. (CAMARGO, 2014)

Processo	Objetivo	Etapa	Indicadores de referência	Fatores que influenciam a eficiência
Clarificação	Remoção de turbidez, cor e, de forma secundária, matéria orgânica natural.	Coagulação	Volume de coagulante e custos operacionais.	Concentração de matéria suspensa, coloidal e dissolvida, pH, temperatura, dosagem de coagulante e tempo de mistura rápida
		Floculação	Tamanho e densidade dos flocos, custos operacionais.	Eficiência da etapa anterior, quantidade de agitação, concentração de flocos
		Decantação	Turbidez, cor, sólidos dissolvidos e suspensos, quantidade de lodo decantado e velocidade de decantação, custos operacionais.	Eficiência das etapas anteriores, tamanho e densidades dos flocos, quantidade de agitação.
		Filtração	Turbidez, cor, sólidos suspensos e dissolvidos	Escolha do tipo de filtro, o tamanho do material a ser filtrado, o método de filtração escolhido
Desinfecção	Eliminação de microrganismos patogênicos	-	Número mais provável de coliformes, quantidade de desinfetante e outros produtos usados.	Tempo de contato com a água, tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico utilizado como desinfetantes e tipos de organismos
Fluoretação	Combate e prevenção à cárie	-	Concentração de flúor	-
Correção de acidez	Combate a corrosão e incrustação nos encanamentos	-	Volume de cal hidratada ou carbonato de sódio	-

Figura 3: – Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento

Fonte: Camargo, 2014.

O processo de tratamento de água tem o objetivo principal de adequar a água bruta aos padrões estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde 2914 (2011), possibilitando uma gestão adequada e minimizando os custos de implantação,

manutenção e operação. A seleção da tecnologia de maior eficiência deve ter em seu princípio básico os seguintes parâmetros: características da água coletada, custos envolvidos, manejo e confiabilidade dos equipamentos, flexibilidade operacional, localização geográfica e características da população. Dentre as tecnologias empregadas na estação de tratamento de água podemos citar os principais métodos: Filtração utilizada em etapas múltiplas, filtração direta descendente, filtração direta ascendente, dupla filtração, floto-filtração e ciclo completo. (BRAGA,2014).

3.2.2 Neutralização de efluente residual ácido

A neutralização consiste em uma etapa comum dos sistemas de tratamento de efluentes de origem ácida. Este procedimento visa aumentar o pH de efluentes ácidos ($\text{pH} \leq 4$) até a fase de neutralidade básica ($6 \leq \text{pH} \leq 8$). O processo irá produzir a precipitação de matérias que estão presente no efluente como, por exemplo, chumbo, ferro, zinco, manganês, entre outros, além da precipitação do sulfato de cálcio por conta do tipo de tratamento. No tratamento de efluentes ácidos é comum a utilização da cal virgem (CaO) ou cal hidratada [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] por conta do seu poder alcalino e ao seu baixo custo. (WASNIEWSKI, 2006)

Para Pinto (2018) o emprego de cal nos processos de tratamento de águas residuais já é bastante comum, e geralmente é utilizada para a neutralização e correção de pH. A cal, por proporcionar expressiva carga catiônica, pode auxiliar na retirada de poluentes. Portanto, o uso de cal para a remoção de alguns poluentes surge como uma opção viável econômica, ambiental e quimicamente. Após a neutralização do efluente, a precipitação do lodo presente no efluente será de maneira gradativa, este lodo que pode ser encaminhado para a agricultura no processo de calagem, pois se apresenta características de resíduo de origem não perigoso.

3.2.3 Coagulação e floculação

Quando da inserção de produtos químicos, como a cal, na água a ser tratada, ou seja, no efluente, ocorre a desestabilização das partículas sólidas suspensas, resultando em fragmentos coloidais. Nesse momento, acontece a coagulação dessas partículas, que serão precipitadas/transportadas para o fundo do tanque. Esse fenômeno de “transporte de partículas sólidas” é conhecido como floculação. Esta é parte importante do procedimento de coagulação e não se trata de

um processo distinto que ocorre opcionalmente após a etapa de coagulação. Contudo, no setor industrial, o termo conhecido como floculação é utilizado com quase unanimidade para denominar o processo de envelhecimento dos flocos após dosar o coagulante. (MELLO, 2012).

No método de coagulação ocorrem duas etapas distintas de misturas, a saber: a mistura rápida e a lenta. A mistura rápida tem o objetivo de espalhar o produto coagulante por completo para maior aproveitamento (neste momento é que se faz a medição do pH pois este fator interfere diretamente na formação dos coágulos). Na mistura lenta, após a desestabilização das partículas suspensas, inicia-se a floculação, onde se agita suavemente a mistura, para que ocorram choques entre as partículas e para que se aglomerem formando partículas maiores, que conseqüentemente compõem um lodo no fundo do tanque (MARTINS, 2012).

3.2.4 Lodo da estação de tratamento

Segundo Areais, (2015) uma das práticas estudadas para destinação correta do lodo de estação tem sido a utilização em materiais da construção civil, como por exemplo, blocos de vedação e telhas à base de material argiloso. A variabilidade natural das características das argilas associada às técnicas de processamento relativamente simples, e ainda ao baixo desempenho exigido para esses produtos, permitem a presença de níveis de impurezas relativamente elevados. Com isso, se podem incorporar outros tipos de materiais resultantes das mais diversas fontes geradoras.

Esclarece Godoy (2013) que, diante do constante aumento populacional, os problemas ambientais resultantes da geração de resíduos exigem ações que viabilizem o equilíbrio entre consumo e reuso destes subprodutos. No caso do lodo de estação de tratamento não é diferente, se por um lado a destinação final diretamente no solo demandaria, a cada dia, áreas maiores para fazer disposição final, por outro, poderia deixar de ser apenas um problema sobre como e onde ser descartado, para se tornar um subproduto que pode reduzir o uso de recursos naturais em processos produtivos semelhantes ou não, beneficiar solos degradados, entre outras aplicações que vão agregar valor a algo que até então gerava custos para ser dispensado.

Desse modo, foram realizados estudos para que subprodutos como o lodo de origem industrial pudesse ser reutilizado na indústria cerâmica, os quais foram compilados abaixo:

3.2.5 A incorporação do lodo industrial na massa cerâmica

O estudo de Moreira, Oliveira e Lima (2001) foi avaliar a adição do lodo de estação de tratamento da indústria têxtil para a fabricação de artefatos de cerâmica vermelha. O lodo empregado era constituído essencialmente por corante (utilizado no tingimento de tecido), e dos compostos sulfato de alumínio e polieletrólito catiônico (que são basicamente os produtos químicos usados como floculante na estação de tratamento de efluentes). Observou-se que é possível a utilização dos lodos da estação de tratamento para a fabricação de artefatos de cerâmica, desde que se utilize a proporção adequada de argila-lodo e argilas de natureza adequada com o tratamento térmico apropriado.

Na pesquisa realizada por Rodrigues (2013), os resultados alcançados mostram que o lodo de estação de tratamento industrial pode ser usado como uma matéria-prima alternativa de custo reduzido em substituição parcial de até 1,25% em peso de solo na produção de tijolos de solo-cimento. Foi demonstrado que o lodo de estação de tratamento e a matéria prima original apresentam características física, química e mineralógica muito diferenciada. A incorporação do lodo de estação de tratamento provocou alterações expressivas nas características como a absorção de água, massa específica bulk e na a resistência compressão dos blocos cimentícios de solo-cimento. O lodo de estação de tratamento tende a acrescentar o teor de partículas finas na massa, matéria orgânica e plasticidade da mistura no solo cimento, o que interfere na hidratação do cimento. Portanto, o reuso de lodo de estação de tratamento em tijolo solo-cimento tem que ser usado de forma limitada.

Para Areias (2016), o lodo da ETE do ponto de vista mineral é constituído principalmente por carbonato de cálcio, gipsita, quartzo e heterosita, aparecendo também os minerais caulinita, muscovita e rutilo. A massa cerâmica identificada é rica em caulinita e quartzo com presença de albita, gibbsita, muscovita, montmorillonita e ortoclásio. O estudo verificou que o resíduo de ETE tende a reduzir a resistência à compressão e aumentar a absorção de água, ocasionando superfícies rugosas que influenciando na porosidade, deixando-a mais aberta. Portanto, com os resultados

alcançados, verificou que é possível adicionar o lodo de ETE para destino final na massa de cerâmica vermelha, no entanto ressalta-se que a proporção de lodo na massa tende-se a se tornar estável em torno de 2,5% na mistura.

Para Aquino (2015) após os testes das características da matéria prima, o lodo da ETE foi adicionado na massa de argila nas proporções de 2%, 4%, 6%, 8% e 10%, e feito o teste em todas as temperaturas de queima, 950°C, 1050°C e 1150°C, e constatou que houve alteração nas propriedades físicas e químicas dos corpos de provas produzidos. Quanto à perda ao fogo, o corpo de prova apresentou-se um aumento com maior percentual de lodo adicionado na massa, após queima a retração linear diminuiu com a adição de lodo, a absorção de água cresceu com a adição de lodo, proporcionando peças mais porosas e portanto menos resistentes.. Deste modo, com base no estudo apresentado é possível utilizar 2% de lodo em massas argilosas utilizadas pelas indústrias de cerâmica.

Para Silva et al.(2015), os resultados alcançados demonstraram que é possível a utilização do lodo de estação de tratamento de efluente com a adição de até 25% em massa cerâmica, pois, até essa quantidade de resíduo, o resultado para a resistência mecânica após teste, foi igual ao da massa cerâmica sem adição de lodo de ETE e para a absorção de água ficou dentro dos parâmetros determinados pelas normas técnicas.

No estudo de Campregher (2005), identificou que é possível a adição e incorporação do lodo da indústria de papel como forma de subproduto na indústria de materiais cerâmicos, contudo a sua avaliação das porcentagens de lodo e argila foram muito satisfatórias, com um resultado de 5% de lodo e 95% de argila a 950°C o produto final tiveram melhor classificação quando comparamos os produtos cerâmicos feitos somente com argila conforme a NBR 7171. Portanto provou-se ser viável a utilização do lodo de ETE na indústria cerâmica, mas deve se levar em consideração para a viabilidade econômica a distancia da indústria cerâmica e o ponto de coleta deste subproduto que não pode ser maior que o ponto de coleta da jazida da indústria.

5 RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A uma crescente discussão nas esferas nacionais e internacionais sobre a destinação de resíduos, por conta da expansão da consciência da comunidade em relação ao meio ambiente, está ocorrendo um esforço coletivo para solucionar problemas jamais vistos. A partir de 2010 quando surgiu a política nacional de resíduos sólidos cada cidadão é responsável pela disposição correta de cada tipo de resíduos, assim como o setor privado fica incumbido pelo gerenciamento adequado e o setor público pela implementação dos planos de gestão bem como os instrumentos da política nacional de resíduos sólidos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018)

Segundo Pereira (2008), mais de 85% das cidades brasileiras destinam os resíduos de forma imprópria, provocando o surgimento dos aterros sem controle conhecidos como lixões, responsáveis por uma infinidade de problemas de saúde pública e ambientais. A estrutura de um aterro sanitário é extremamente complexa e envolve serviço de terraplenagem, impermeabilização, sistema de drenagem do chorume e gases e cobertura. A área para a sua instalação é pré-selecionada através estudos ambientais técnicos, onde se contempla estudos geológicos, geotécnicos, análise da fauna e da flora, visando evitar ou minimizar os impactos.

Todos os dias no Brasil são recolhidos entre 180 a 250 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos, apesar de esforços governamentais para minimização da geração na fonte observa-se que a sua geração está com um crescimento estimado em 7% ao ano, este quadro não é especificamente regional mais sim nacional onde o crescimento se demonstra uniforme em todos os estados brasileiros. Para se fazer uma estimativa rápida pode-se afirmar que cada habitante está gerando 1 kg/dia de resíduos sólidos, média dos países europeus. Mas ao contrário do que se destina na Europa no Brasil ainda metade dos destinos finais levantados, ainda são vazadouros ou lixões como são conhecidos na língua popular causando um impacto incalculável ao meio ambiente. (GOUVEIA, 2012).

Destino final (%)			
Ano	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro Sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Tabela 2: Destino final de resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos, Brasil – 1989/2008.

Fonte: IBGE 2018.

5.1 Política nacional de resíduos sólidos

A Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dando diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, e dispõe em seu art. 7º seus principais objetivos, quais sejam:

- I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII - gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:
 - a) produtos reciclados e recicláveis;
 - b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;
- XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;
- XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;
- XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.”

Considerando que um dos objetivos centrais dessa Lei é o reaproveitamento dos resíduos sólidos, o método do 5Rs se destaca para uma visão de uma gestão moderna e sustentável. “(BRASIL, 2010)”.

Cada “R” apresenta uma ação idealizada na busca da redução do consumo e do reaproveitamento dos materiais em relação à sua própria reciclagem, quais sejam: reduzir, repensar, reaproveitar, reciclar, e recusar consumir produtos que gerem impactos socioambientais significativo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018)



Figura 4: 5Rs

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2018.

O método dos 5Rs tem ênfase educativo, procurando mudar os hábitos no cotidiano dos cidadãos, levando-os a repensar seus valores e práticas, reduzindo o consumo exagerado e o desperdício.

5.2 Resíduos sólidos

5.2.1 Definição

Conforme a norma técnica da ABNT NBR 10004:2004 os resíduos sólidos são:

“resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água”.

Os resíduos sólidos compreendem os resíduos resultantes da atividade humana ou animal que não serão mais utilizáveis, ou dispensáveis, contudo com valor agregado. Os resíduos são definidos de acordo com sua origem e podem ser divididos em resíduos urbanos e especiais, e ainda leva-se em conta o risco que eles oferecem ao meio ambiente. (RUSSO, 2003)

5.2.2 Classificação

Através da ABNT NBR 10004:2004 os resíduos sólidos podem ser classificados como:

- resíduos classe I – resíduos perigosos: aqueles que, em função das suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente ou apresentem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;

- resíduos classe II A – resíduos não inertes: são aqueles que não apresentam periculosidade, mais apresentam características tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

- resíduos classe II B – resíduos inertes: são aqueles que, submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A classificação dos resíduos é realizada de acordo com suas características. Para determinação da classificação do resíduo temos que saber qual

sua origem. No entanto se o resíduo apresentar uma das características listadas abaixo, obrigatoriamente, será considerado resíduo classe I, portanto perigoso:

- 1) Inflamabilidade
- 2) Corrosividade
- 3) Reatividade
- 4) Toxicidade
- 5) Patogenicidade

Caso o resíduo em estudo não se enquadre nas características acima, deve-se obrigatoriamente ser realizado ensaios laboratoriais a fim de se verificar se ele apresenta alguma substancia potencialmente poluidora e que cause dano ao meio ambiente.

As substâncias em estudo deverão ser comparadas com as substâncias listadas no anexo da mesma norma. Para realização dos ensaios laboratoriais devem ser seguidas as seguintes normas:

a) ABNT 10005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos: estabelece os critérios para realização do ensaio de lixiviação, que consiste na extração de certas substâncias contidas nos resíduos industriais por meio de percolação.

b) ABNT 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos: estabelece os critérios para a realização do ensaio de solubilização, visando solubilizar uma amostra do resíduo, no período de 7 (sete) dias e avaliar a concentração dos elementos contidos no extrato.

c) ABNT 10007 – Amostragem de resíduos sólidos: estabelece os critérios de coleta e amostragem dos resíduos.

Se as concentrações encontradas no produto do lixiviado estiverem acima dos valores citados no anexo F da norma ABNT 10004, são classificados como perigosos, caso contrário deve ser feito o ensaio de solubilização para determinar se os resíduos são inertes ou não inertes. Caso nesse ensaio as amostras se apresentarem abaixo dos parâmetros estabelecidos no anexo G, são considerados inertes, e acima, não inertes.

5.2.3 Gestão integrada dos resíduos

Segundo Russo (2003), a urbanização e industrialização da sociedade moderna têm gerado problemas no volume e tipo de resíduos sólidos, salientando-se a grande diminuição do seu peso específico originando um evidente aumento do volume, tanto que na última década houve uma duplicação da produção de resíduos por habitante. A gestão dos resíduos sólidos está sendo vista progressivamente como um fator de preservação ambiental que deve centrar as preocupações políticas dos responsáveis.

Considerando a diversidade dos resíduos sólidos, a adoção de sistemas integrados é necessária para que surjam soluções diferenciadas para os resíduos de acordo com as suas características. Contudo, existem várias hipóteses resolutivas para cada resíduo, soluções de reciclagem, compostagem, incineração, autoclavagem, tratamento físico-químico, aterros sanitários e de rejeitos. O fato é que não podemos impor soluções únicas para resíduos tão diversos. (SILVA, 2015).

Ferraz (2008) menciona que a gestão de resíduos sólidos deve estar alinhada com as melhores iniciativas do setor de saúde pública, engenharia, economia e preservação do meio ambiente. Como envolve mudança cultural da população, devem-se considerar todos os aspectos relacionados às ciências sociais e aos estudos sobre o meio ambiente. Portanto, as soluções devem considerar a complexa interdisciplinaridade entre os múltiplos campos das ciências e áreas de informação e conhecimento.

As procura por soluções no destino ideal para resíduos sólidos é um reflexo da comunidade impulsionada por custos ambientais e socioeconômico onde os resíduos sólidos adquirem valor comercial e podem até ser utilizados como matéria prima para outras atividades. É de suma importância que os planos de gestão sejam implantados pois além da tendência de diminuir o consumo de recursos naturais como possibilita a abertura de novos mercados onde possa gerar emprego e renda, permitindo a inclusão social e diminuindo os impactos ambientais pelo destino inadequado. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

5.2.4 Gestão dos resíduos industriais

A participação das indústrias nas políticas públicas de destinação de resíduos já é uma realidade em alguns países, por conscientização ambiental dos

empresários e por força da opinião pública que cada vez mais se atenta às questões sobre meio ambiente. A utilização de estratégias de preservação ambiental tem mesmo sido utilizada como rótulo de marketing de determinadas empresas para ganharem fatias de mercado nos países cuja legislação ambiental é muito apertada e exigente. (RUSSO 2003).

A grande produção de resíduos devido ao crescimento populacional, industrialização e má utilização dos recursos naturais, gera diuturnamente a diminuição da qualidade de vida decorrente das inúmeras doenças que a disposição final desses resíduos pode ocasionar. Enquanto não for possível a redução dos resíduos nos processos, deve-se utilizar de tecnologias já existentes, para que os recursos naturais sejam aproveitados de forma econômica e menos devastadora (TEIXEIRA, 2005).

O gerenciamento apropriado dos resíduos industriais está ligado a questões de saúde pública e do meio ambiente equilibrado, a má gestão ambiental de indústrias é uma das formas de desperdício e ineficiência dos processos produtivos, neste contexto os resíduos representam a maior parte de perda de matéria prima e insumos. Sendo assim para almejar uma qualidade ambiental adequada é de suma importância que seja aplicado um conjunto procedimentos com o objetivo claro, que visem à redução e controle de impactos originados dos processos industriais sobre o meio ambiente. Portanto, analisando as ações para melhorar a gestão dos resíduos, constitui em empresas adequar à legislação, oferecer treinamento aos funcionários, manter atualizado o plano de gerenciamento como modo de prevenir que a essa torne uma grande poluidora no meio ambiente. (SALES, 2017).

5.2.5 Transformando resíduos industriais em subprodutos

Em que pese a legislação brasileira não tenha tratado explicitamente do conceito e classificação do subproduto, a comunidade internacional já a frente nessa apreciação, estabelece alguns parâmetros para identificá-los.

A legislação portuguesa, a exemplo, no Decreto-Lei nº 178/2006, aprovou o regime geral da gestão de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, e a Directiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro. Em seu art. 44º-A, item 1, dispõe que subprodutos são

“quaisquer substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo cujo principal objetivo não seja a sua produção, quando verificadas as seguintes condições:

- Existir a certeza de posterior utilização da substância ou objeto;
- A substância ou objeto poder ser utilizado diretamente, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática industrial normal;
- A produção da substância ou objeto ser parte integrante de um processo produtivo; e
- A substância ou objeto cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de proteção da saúde e não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana, face à posterior utilização específica”

A figura 5 ilustra quais as características a serem observadas para distinguir os resíduos dos subprodutos, segundo a referida legislação:

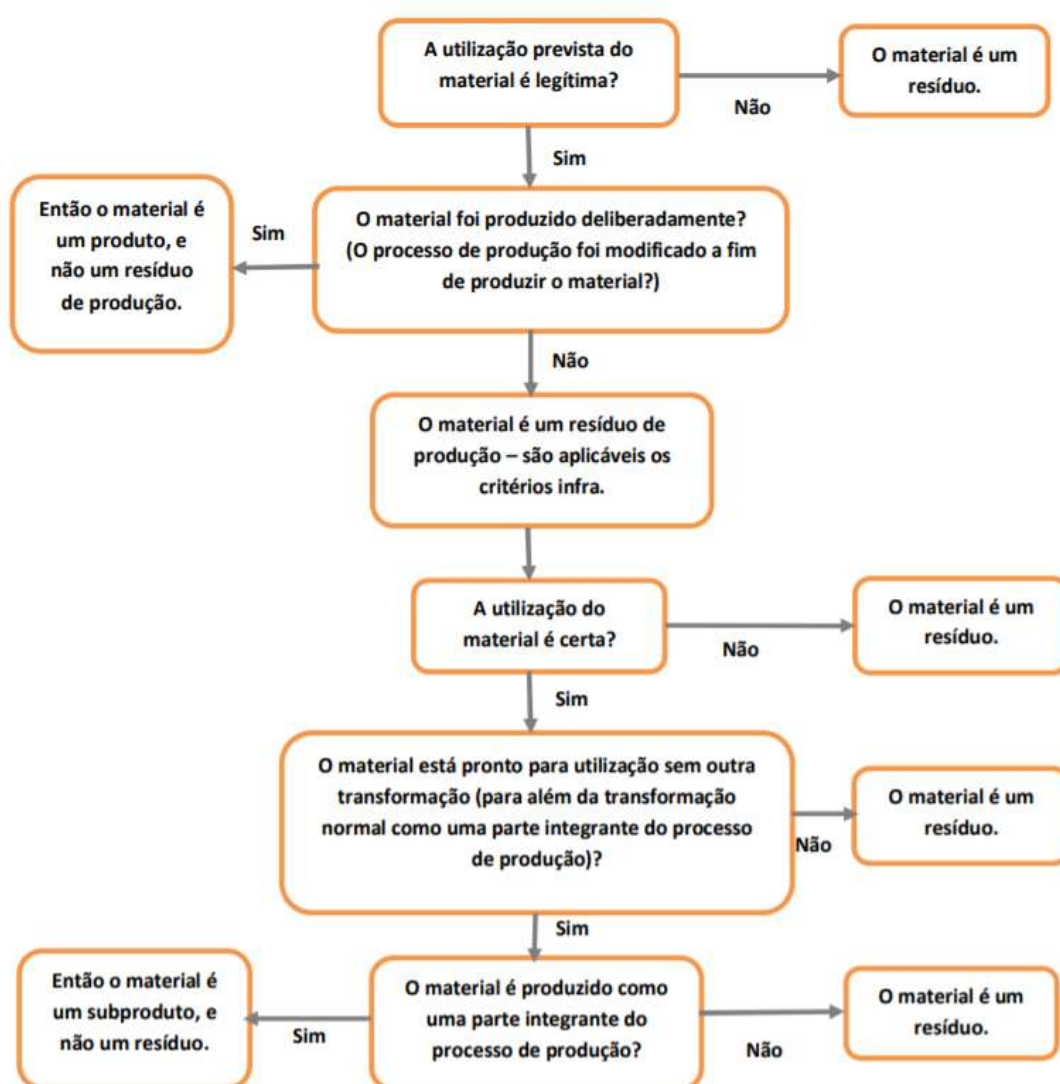


Figura 5: Arvore para a distinção entre resíduos e subprodutos.

Fonte: Associação Empresarial de Portugal 2011.

5.2.6 Reaproveitamentos de resíduos industriais

Segundo Souza (2013), o reaproveitamento dos resíduos está se tornando uma ferramenta de competitividade, muitos deles podem ser tratados para recuperar substâncias ou ainda reaproveitados em processos produtivos dentro da própria indústria. Assinala ainda como oportunidade, a reciclagem de materiais, trazendo economia de recursos para as empresas; o reaproveitamento dos resíduos internamente ou sua venda para outras empresas; o desenvolvimento de novos processos produtivos com a utilização da produção mais limpa, que trazem vantagens competitivas e até possibilitam a venda de patentes; e o desenvolvimento de novos produtos para um mercado cada vez maior de consumidores conscientizados com a questão ecológica.


O segmento das indústrias de fabricação e transformação de produtos gera, em maior ou menor grau, certa quantidade de resíduos que nem sempre são reutilizados ou têm um destino sustentável. Dar um destino adequado a estes subprodutos é um grande desafio. Em alguns casos, estes produtos secundários podem ser reutilizados diretamente ou podem ser aproveitados como matéria prima básica em outros processos industriais (CASAGRANDE, 2008).

5.2.7 Reaproveitamentos de resíduos na construção civil



O setor da construção civil é um dos grandes responsáveis no desenvolvimento econômico dos centros urbanos, porém os danos ambientais pela grande geração de resíduos é devastador e impossível de se mensurar. Apesar de muitas obras serem regularizadas existem inúmeras obras clandestinas que fazem despejo de resíduos em locais inadequados, contudo com o uso de matéria prima extremamente elevada fazendo este setor um dos maiores utilizadores de recursos não renováveis. A reciclagem, a reutilização e o consumo responsável são ferramentas importantes para reduzir impactos como: o assoreamento dos rios e entupimento de galerias de drenagem, alagamentos dos centros urbanos, elevada utilização de matéria prima, sobrecarga nos aterros sanitários, geração de gases efeito estufa e possíveis contaminação de lençóis freáticos.(SANTO, 2014)

Para Lucas, (2004) as soluções para reduzir os impactos ao meio ambiente podem considerar que o setor da construção civil é um dos maiores

consumidores de recursos naturais no Brasil, conseqüentemente um grande produtor de resíduos, em contrapartida este setor de forma industrial é de grande importância e apresenta um enorme potencial em soluções em reaproveitamento de resíduos. O setor de construção civil e a indústria podem oferecer soluções como a incorporação desses resíduos em matrizes cerâmicas e cimentícias com o objetivo de produção de artefatos para a construção civil e permitindo a redução no envio de resíduos para o destino final, possibilitando reutilização de produtos que seriam fonte de contaminação.



UNICAMP – FEC – Departamento de Geotecnia e Transportes
Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes



Construção civil

- 15,5 % do PIB Nacional – 15 milhões de Empregos
- Maior consumidor nacional de matéria prima
- Maior gerador de resíduos (80 milhões de ton) maior que lixo doméstico
- Responsável por
 - 40% consumo mundial de energia
 - 25% da extração de madeira
 - 16% do uso de água
 - 40% das matérias primas

Gazeta Mercantil (2004)

Figura 6: Consumo de matéria prima nacional

Fonte: Prof Dr Orlando Fontes Lima Junior

O ramo industrial das empresas que fabricam produtos de origem cerâmica é uma que se destaca na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, pois possui um grande volume de produção, o que permite o uso de maior consumo na quantidade de resíduos em forma de insumos. O volume expressivo no consumo, as características físico-químicas dos materiais cerâmicos e o seu processo de

fabricação, faz da indústria cerâmica uma ótima opção para a reutilização de resíduos sólidos em seu processo produtivo. (LUCAS,2004)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos casos estudados neste levantamento, pode-se afirmar que é possível a incorporação do lodo industrial das estações de tratamento de efluente que utilizam a cal hidratada ou virgem para tratamento físico e químico, nas indústrias que fabricam produtos de origem cerâmica. Porém para que essa viabilidade seja efetiva tem-se que observar alguns pontos como: a distância de coleta do lodo de estação de tratamento não pode ser maior que a própria jazida de retirada de matéria prima da indústria, a quantidade de incorporação de lodo em cada tipo de produto cerâmico, pois temos estudos entre 1,25% a 5% dependendo do tipo de processo e classificar o resíduo para não contaminar os produtos finais, caso seja foco de reutilização o resíduo tem que enquadrado como não perigoso ou classe II como diz a NBR 10004.

Contudo, a principal vantagem na incorporação do lodo de estação de tratamento de efluentes industriais é o benefício que esse método traz para o meio ambiente, no qual haverá menos resíduos sólido sendo disposto em aterros e também menor remoção e utilização de recursos naturais para fabricação de produtos cerâmicos, criando assim uma proposta de que todo resíduo pode ser reutilizado de alguma forma excluído a ideia de disposição final em aterros industriais.

REFERÊNCIAS

AQUINO, R. C. et al. Adição de resíduo de lodo da indústria têxtil na produção de blocos cerâmicos de vedação. 2014. 7 p. Artigo científico (Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais)- Universidade Federal da Paraíba, Paraíba-PB, 2015. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewFile/448/336>>. Acesso em: 24 maio 2018.

AMARAL, LUCAS FONSECA . FORMULAÇÃO DE MASSA CERÂMICA PARA FABRICAÇÃO DE TELHAS. 2016. 104 p. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais)- Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, 2016. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Lucas-Fonseca-Amaral-DISSERT%C3%87AO-corre%C3%A7%C3%A3o-Final.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2018.

AREIAS, ISABELA OLIVEIRA RANGEL. INCORPORAÇÃO DE LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ EM CERÂMICA VERMELHA. 2015. 119 f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ, 2015. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-ISA-mod.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

ARMSTRONG, D.L.P. Lodo de esgoto alcalinizado como fonte de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do arroz. Curitiba, 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal do Paraná.

ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL. Nacional. Manual de Gestão de Resíduos Industriais. Portugal: AEP, 2011. 265 p. Disponível em: <http://residuosmenos.aeportugal.pt/Downloads/Manual%20de%20Gest%C3%A3o%20de%20Res%C3%ADduos%20Industriais_v2.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2018.

BRAGA, Fernando Pinto . AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA - MG. 2014. 70 p. Trabalho Final de Curso (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG, 2014. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-Fernando-Pinto-Braga-2014.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de ago. de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. PNRS. [S.I.], p. 01-35, ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 11 fev. 2018.

CASAGRANDEA, Marcos et al. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico. 2008. 9 p. Artigo (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PGMAT))- Universidade Federal

de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, 2008. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v13n01/v13n1a04.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

COMISSÃO DE ESTUDO ESPECIAL TEMPORÁRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS (ABNT/CEET-00:001.34). Nacional. Resíduos sólidos – Classificação . Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2004. 71 p. Disponível em: <<http://www.v3.eco.br/docs/NBR-n-10004-2004.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

CAMARGO, CAROLINA NASCIMENTO DE OLIVEIRA . AVALIAÇÃO DO LODO AMARELO DE ETA PARA INCORPORAÇÃO EM CERÂMICA VERMELHA. 2014. 101 p. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (Mestrado)- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF, CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, 2014. Disponível em: <http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Mestrado_Carolina_Nascimento_de_Oliveira_Camargo_2014.pdf>. Acesso em: 24 maio 2018.

DA SILVA, C. R. L.; CHINELATTO, A. L.; CHINELATTO, A. S. A. Viabilidade da incorporação do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) em massa cerâmica para produção de blocos. 2015. 10 p. Artigo científico (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais)- Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - Pr, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n357/0366-6913-ce-61-357-00031.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

DOS SANTOS, Adriana Delfino et al. GESTÃO DE RESÍDUOS NA AGRICULTURA E AGROINDÚSTRIA. 1. ed. Botucatu-SP: FEPAF, 2006. 321 p.

DUARTE, Anaxsandra da Costa Lima . INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA MASSA CERÂMICA PARA A FABRICAÇÃO DE TIJOLOS MACIÇOS: UMA ALTERNATIVA PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DO RESÍDUO . 2008. 111 p. Monografia (Pós-graduação em Engenharia Sanitária)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dissertacao_Anaxsandra_Lima_Duarte.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

EMERSON MARROCOS DE OLIVEIRA, FABSON . ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL EM CERÂMICA DA MICRORREGIÃO DO VALE DO ASSU: ESTUDO DE CASO. 2011. 66 p. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, ANGICOS-RN, 2011. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/arquivos/Fabson%20Emerson%20Marrocos%20de%20Oliveira.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2018.

FERRAZ, José Lázaro . Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos. 2008. 241 p. Tese de doutorado (Engenharia Mecânica)- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS, 2008. 1. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/264834>>. Acesso em: 01 maio 2018.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. 2012. 8 p. Artigo científico (Medicina)- Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2012. 1.

GODOY, Lucia Camilo de. A LOGÍSTICA NA DESTINAÇÃO DO LODO DE ESGOTO. 1. Disponível em: <<http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/43/27>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

JÚNIOR, Prof Dr Orlando Fontes Lima. Ecodesign e os Resíduos: O Enfoque das cadeias de suprimentos sustentáveis . In: Fórum permanente de energia e ambiente , NA., 2004, UNICAMP. Ecodesign e os Resíduos: O Enfoque das cadeias de suprimentos sustentáveis ... [S.l.: s.n.], 2004. v. 1. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/351659/>>. Acesso em: 16 maio 2018.

LUCAS, Denis ; BENATTI, Cláudia Telles . UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE ARTEFATOS CIMENTÍCIOS E ARGILOSOS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2004. 14 p. Artigo científico (Pós-graduando em Planejamento Ambiental)- Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringa, 2004. Disponível em: <[http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/850-2375-1-PB%20\(2\).pdf](http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/850-2375-1-PB%20(2).pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2018.

MARTINS, HÁDEL CAMILO . ESTUDO SOBRE OS PROCESSOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO EM EFLUENTES ORIUNDOS DE USINA CANAVIEIRA. 2014. 63 p. Monografia (Engenharia Ambiental)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, Londrina-PR, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2668/1/LD_COEAM_2013_2_10.pdf>. Acesso em: 29 maio 2018.

MELLO, Victor Fernandes Bezerra et al. Variáveis no processo de coagulação /floculação/decantação de lixiviados de aterros sanitários urbanos. 2012. 13 p. Artigo científico (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n2/v7n2a09.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2018.

MENDONÇA, Gabryella C. et al. USO DO DIAGRAMA DE WINKLER PARA DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DE UMA ARGILA IN NATURA MAIS ADIÇÕES DE CINZA DE CARVÃO MINERAL. 2017. 5 f. Artigo científico (V CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL)- Universidade Federal do Pampa, Criciúma-Sc, 2017. Disponível em: <<http://www.swge.inf.br/ANAIS/CBCM2017/PDF/CBCM2017-0024.PDF>>. Acesso em: 16 maio 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, A política dos 5R's. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/comunicacao/item/9410>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE . Federal. Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

MOREIRA, A. H.; OLIVEIRA, R. M.; LIMA, P. D. S. Efeito da adição do lodo de águas residuais da indústria têxtil nas propriedades de materiais de construção. *Cerâmica*, v. 47, n. 303, 2001. Disponível em: . Acesso em: 17 abr. 2018.

MOTTA BUSTAMANTE, Gladstone ; CARLOS BRESSIANI, José . A indústria cerâmica brasileira. 1. Disponível em: <http://ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3_5.pdf>. Acesso em: 04 maio 2018.

NAZARÉ MAIA DE MEDEIROS , ELISANDRA . SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NA INDÚSTRIA CERÂMICA VERMELHA. ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA QUE ABASTECE O MERCADO DE BRASÍLIA. 2006. 119 p. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL)- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA , Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M06-4A-Elisandra-de-Medeiros.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2018.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia, SC. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 27-43.

RODRIGUES, L. P. ; HOLANDA, Rodrigo. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. 2013. 6 f. Artigo científico (Grupo de Materiais Cerâmicos, LAMAV-CCT,)- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v59n352/10.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2018.

RUSSO, MÁRIO AUGUSTO TAVARES. TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS . 2003. 196 p. Apostila (tratamento de resíduos)- UNIVERSIDADE DE COIMBRA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL , Portugal, 2003. Disponível em: <http://www1.ci.uc.pt/mhidro/edicoes_antigas/Tratamentos_Residuos_Solidos.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2018.

SILVA , Carlos Bruno Gondim . Diagnóstico do conhecimento e práticas sobre resíduos sólidos urbanos (RSUs) no campus Higienópolis da Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2015. 42 p. Trabalho de Conclusão de curso (Ciências Biológicas)- Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo-SP, 2015. Disponível em: <http://mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/TCC/CC_1_2017/Carlos_Bruno_Gondim_Silva.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2018.

SOUZA, Ana Beatriz Barros et al. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS - UMA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA CALÇADISTA DE JOÃO PESSOA - PB. 2013. 13 p. Artigo (XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO)- UFPB, JOÃO PESSOA - PB, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_185_056_22743.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2018.

SILVA, AMANDA VIEIRA E. ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NO ESTADO DO CEARÁ – DA EXTRAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA À FABRICAÇÃO. 2009. 104 f. Monografia (Curso de Engenharia Civil)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2009. Disponível em: <http://www.brasenic.com.br/bigot/bigot_2.pdf>. Acesso em: 22 maio 2018.

SETZ, L. F. G. et al. Estudo da conformação de substratos cerâmicos por laminação a partir de suspensões concentradas de alumina. 2011. 7 p. Artigo científico (Engenharia de Materiais)- Universidade Federal de S. Carlos, São Carlos-SP, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v57n344/06.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2018.

PEREIRA, DARLAN AZEVEDO. GESTÃO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. 2008. 226 p. Dissertação (GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS)- FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTO-RJ, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12857/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

PEREIRA, Eliane Gomes. APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE CUBATÃO PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS ESTRUTURAIS. 2008. 111 p. DISSERTAÇÃO (MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.)- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, 2008. 1. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Eliane%20Gomes%20Pereira.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

PEREIRA, Agostino Oli Koppe; CALGARO, Cleide; PEREIRA, Henrique Mioranza Koppe. O consumo na sociedade moderna: Consequências jurídicas e ambientais. 2 ed. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/315142332/CALGARO-PEREIRA-O-Consumo-Na-Sociedade-Na-Sociedade-Moderna>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

PINTO, Karla Gomes de A. et al. Utilização de cal virgem na remoção de turbidez e fosfato de efluente de lavanderia industrial, e mensuração de vida útil da mesma.. 2018. 1 f. Artigo científico (NA)- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2018. Disponível em: <<http://www.sbjq.org.br/37ra/cdrom/resumos/T1649-1.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2018.

PINHEIRO, BRUNO CARLOS ALVES . UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO . 209. 215 f. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais)- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO , CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, 2009. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/tese.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2018.

PRESOTTO, PETULA . DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS CERÂMICOS A PARTIR DE RESÍDUOS DA MINERAÇÃO DE SERPENTINITO: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO. 2012. 96 f. DISSERTAÇÃO (Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais (PIPE))- Universidade Federal do Paraná, CURITIBA, 2012. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/211.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2018.

SANTO, Juliete de Oliveira et al. RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O SEU PROCESSO DE RECICLAGEM PARA MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS. 2014. 12 p. Artigo científico (Engenharia Ambiental)- Faculdade Integrada Tiradentes – FITS, Maceio, 2014. 1. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1337-4765-2-PB.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SALES, Taíssa Dias . A importância do gerenciamento dos resíduos sólidos farmacêuticos. 13. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/taissadias-sales-6114141.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

TEIXEIRA, MARCELO GERALDO . APLICAÇÃO DE CONCEITOS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAIS ECOLÓGICOS: O EXEMPLO DO RESÍDUO DE MADEIRA. 2005. 159 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e tecnologias Ambientais no Processo Produtivo)- Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2005. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_marcelo_g_teixeira.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2018.

WASNIEWSKI, Antônio César da R. Estudos de alternativas para o processo de tratamento de efluentes na indústria carbonífera: aplicação para uma unidade de valorização de rejeitos. 2006. 79 f. Monografia (Engenharia Ambiental)- Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina , Criciúma-Sc, 2006. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Estudos%20de%20alternativas%20para%20o%20processo%20de%20tratamento%20de%20efluentes%20na%20ind%C3%BAstria%20carbon%C3%ADfera%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20para%20uma%20unidade%20de%20valoriza%C3%A7%C3%A3o%20de%20rejeitos.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2018.