



INCORPORAÇÃO PARCIAL DE LODO QUÍMICO COMO MATERIA PRIMA NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS

MÁRCIA REGINA MONTEIRO DE SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Mestrado Profissional e Processos Construtivos e
Saneamento Urbano: Processos e Gestão Ambiental

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de
Macedo Alves



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO

INCORPORAÇÃO PARCIAL DE LODO QUÍMICO COMO
MATERIA PRIMA NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS

MÁRCIA REGINA MONTEIRO DE SOUZA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano com área de concentração em Processos e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Belém – PA

2015

INCORPORAÇÃO PARCIAL DE LODO QUÍMICO COMO MATERIA PRIMA NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS

MÁRCIA REGINA MONTEIRO DE SOUZA

Dissertação submetida para banca de qualificação ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS), com área de concentração Processos e Gestão Ambiental do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPA).

Aprovada em 31 de agosto de 2015.

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
(Coordenador do PPCS)

Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves
(Orientador – UFPA)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
(Examinador Interno – UFPA)

Prof. Dr. Adelson Bezerra de Medeiros
(Examinador Externo – UFPA)

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcutá).

Dedico este trabalho de dissertação a minha mãe Maria Aparecida Souza, esposo Iglison Luis Sena Braga, a meus filhos, Lucas Batista e Davi Souza, e em especial a memória de meu pai Wilson Rodrigues de Souza.

Agradeço esta dissertação a meu Orientador Dr. **Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves** pelo apoio moral e intelectual e pela confiança depositada no meu trabalho, ao coordenador de área, Dr. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes e aos demais Doutores da Universidade Federal do Pará e ao Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia (ITEGAM).

RESUMO

O resíduo denominado "lodo químico" é gerado após o tratamento de efluentes industriais do processo produtivo pintura em superfícies metálicas, especificamente na etapa denominada desidratação e compactação por meio do filtro prensa em uma indústria eletroeletrônica localizada no Polo Industrial de Manaus – PIM. Na maioria das vezes, a destinação final do resíduo é a incineração ou aterro industrial, porém como alternativa de destinação, a incorporação desse material na fabricação de tijolos cerâmicos tem se tornado viável economicamente e de menor impacto ao meio ambiente. A presente pesquisa apresenta uma alternativa de reutilização do resíduo de lodo químico, com objetivo de incorporar na fabricação de tijolo cerâmico. A incorporação consiste em agregar 5% do resíduo lodo químico na massa de argila utilizada como matéria prima na fabricação de blocos cerâmicos (tijolos), visando à redução dos custos e riscos ambientais relativos à disposição final deste resíduo; além de minimizar os impactos ambientais decorrentes da extração de matérias-primas diretamente do meio ambiente. Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que para a quantidade de 5% de lodo químico incorporado na argila para a fabricação dos tijolos não interfere na qualidade do produto, recomendando o seu uso no bloco cerâmico.

Palavras-chave: Incorporação; Lodo químico; Blocos cerâmicos; Meio ambiente.

ABSTRACT

The residue called "chemical sludge" is generated after treatment of industrial effluents of the production process painting on metal surfaces, specifically the so-called dehydration and compaction phase through the filter press in a electronics industry located in the Industrial Pole of Manaus - PIM. Most of the time, the final destination of the waste is incineration or landfills, but as allocation alternative, the incorporation of this material in manufacturing ceramic brick has become economically viable and less harmful to the environment. This research presents a re-use alternative chemical sludge residue, in order to incorporate in the manufacture of ceramic bricks. The merger is to add 5% of the waste chemical sludge to the clay material used as raw material in the manufacture of ceramic blocks (bricks), aimed at reducing costs and environmental risks arising from the disposal of this waste; while minimizing environmental impacts from the extraction of raw materials directly from the environment. The results of this study allow us to conclude that the amount of 5% of chemical sludge incorporated in clay for the brick manufacturing does not affect the product quality, recommended its use in ceramic block.

Keywords: Merger; Chemical sludge; Ceramic blocks; Environment.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| RESUMO | VII |
| ABSTRACT | VIII |
| LISTA DE TABELAS | XI |
| LISTA DE FIGURAS | XII |
| LISTA DE ABREVIATURAS | XIII |
| CAPITULO I | 14 |
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.2 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DA PESQUISA | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS | 17 |
| 1.3.1 OBJETIVO GERAL | 17 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 1.4 RELEVANCIA DA PESQUISA | 17 |
| 1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA | 18 |
| 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO | 18 |
| CAPITULO II | 20 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 20 |
| 2.1 A INDUSTRIA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL | 20 |
| 2.1.1 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL..... | 21 |
| 2.2 DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS..... | 22 |
| 2.3 A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA INFLUÊNCIA | 23 |
| 2.3.1 MUDANÇAS REFERENTE AOS PRINCIPAIS AGENTES INFLUENCIADORES DA PNRS . | 24 |
| 2.4 DEMAIS LEGISLAÇÕES QUE ABORDAM O TEMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS | 25 |
| CAPITULO III | 26 |
| 3. METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO | 26 |
| 3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA | 26 |
| 3.2 CARACTERIZAÇÃO E DESIGN DA PESQUISA..... | 27 |
| 3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA | 27 |
| 3.4 OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA | 28 |
| 3.5 COLETAS DE DADOS | 28 |
| 3.6 ANÁLISE DE DADOS..... | 29 |
| CAPITULO IV | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 4. APLICAÇÃO DA PESQUISA: ESTUDO DE CASO | 30 |
| 4.1 A EMPRESA EM ESTUDO E SUA LOCALIZAÇÃO..... | 30 |
| 4.1.1 PERFIL DA EMPRESA EM ESTUDO. | 30 |
| 4.1.1.1 PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS..... | 31 |
| 4.1.2 GERAÇÃO DO RESÍDUO LODO QUÍMICO..... | 32 |
| 4.1.3 QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS NO ANO. | 38 |
| 4.1.4 SEGREGAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO, COLETA E TRANSPORTE | 39 |
| 4.2 O PROCESSO FABRIL DE TIJOLO CERÂMICO. | 39 |
| 4.2.1 PERFIL DA EMPRESA CERAMICA | 40 |
| 4.2.2 EXTRAÇÃO E ESTOQUE DA MATÉRIA PRIMA ARGILA..... | 40 |
| 4.2.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TIJOLOS..... | 42 |
| 4.2.4 FORMULAÇÃO DA MISTURA LODO QUÍMICO X ARGILA | 44 |
| 4.2.5 CONFECÇÕES DOS CORPOS DE PROVA..... | 44 |
| 4.3 CARACTERIZAÇÕES DO RESÍDUO E TIJOLOS | 45 |
| 4.4 TESTES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO | 46 |
| 4.4.1 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA..... | 47 |
| 4.4.2 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO..... | 47 |
| 5. DISCURSSÃO E RESULTADOS | 48 |
| 5.1 RELATÓRIO DE ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE LODO QUÍMICO | 48 |
| 5.2 RELATÓRIO DE ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS TIJOLOS | 51 |
| 5.3 RELATÓRIO DE ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DAS AMOSTRAS | 55 |
| 5.4 RELATÓRIOS DE ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS AMOSTRAS | 57 |
| CAPITULO V | 60 |
| 6. CONCLUSÃO | 60 |
| 7. SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS..... | 61 |
| 8. REFERÊNCIAS | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 5.1.1 – CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO | 48 |
| TABELA 5.1.2 – CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO..... | 49 |
| TABELA 5.1.3 – CARACTERÍSTICAS DA MASSA BRUTA | 49 |
| TABELA 5.1.4 – CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO..... | 50 |
| TABELA 5.2.1 – CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS DOS TIJOLOS | 51 |
| TABELA 5.2.2 – CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO..... | 51 |
| TABELA 5.2.3 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLUBILIZADO – INORGÂNICO | 52 |
| TABELA 5.2.4 – CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO..... | 52 |
| TABELA 5.2.5 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO LIXIVIADO – INORGÂNICO..... | 53 |
| TABELA 5.2.6 – CARACTERÍSTICAS DE MASSA BRUTA | 53 |
| TABELA 5.2.7 – COMPOSTO SURROGATES – YTRIO..... | 53 |
| TABELA 5.3.1 – RESULTADO ABSORÇÃO (TIJOLO NORMAL)..... | 55 |
| TABELA 5.3.2 – RESULTADO ABSORÇÃO (TIJOLO INCORPORADO)..... | 56 |
| TABELA 5.4.1 – RESULTADO RESISTÊNCIA (TIJOLO NORMAL)..... | 57 |
| TABELA 5.4.2 – RESULTADO RESISTÊNCIA (TIJOLO INCORPORADO) | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1.1 – RESÍDUO LODO QUÍMICO | 14 |
| FIGURA 3.1 – FLUXOGRAMA DE DESIGN DE PESQUISA | 28 |
| FIGURA 4.1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO..... | 30 |
| FIGURA 4.2 – FLUXOGRAMA DE PROCESSO | 31 |
| FIGURA 4.3 – FLUXOGRAMA DA ETEI | 33 |
| FIGURA 4.4 – TANQUE DE RECEPÇÃO | 34 |
| FIGURA 4.5 – TANQUE REATOR | 34 |
| FIGURA 4.6 – TANQUES DE PREPARAÇÃO..... | 35 |
| FIGURA 4.7 – FILTRO DE CARVÃO ATIVADO..... | 36 |
| FIGURA 4.8 – TANQUE ADENSADOR | 36 |
| FIGURA 4.9 – FILTRO PRENSA | 37 |
| FIGURA 4.10 – ARMAZENAMENTO DO RESÍDUO | 38 |
| FIGURA 4.11 – QUANTIDADE X CUSTO DE RESIDUO | 38 |
| FIGURA 4.12 – PRODUTOS DA EMPRESA CERAMICA..... | 39 |
| FIGURA 4.13 – DADOS CARTOGRÁFICOS DO MUNICÍPIO IRANDUBA..... | 40 |
| FIGURA 4.14 – LAGO PARA EXTRAÇÃO DA ARGILA | 41 |
| FIGURA 4.15 – ARMAZENAMENTO DA ARGILA | 42 |
| FIGURA 4.16 – EQUIPAMENTOS DO PROCESSO: ESTEIRA E MAROMBA | 42 |
| FIGURA 4.17 – FORNOS..... | 43 |
| FIGURA 4.18 – QUEIMA DE RESÍDUO DE MADEIRA | 44 |
| FIGURA 4.19 – AMOSTRA PARA ANALISE | 47 |
| FIGURA 5.1 – COMPARATIVOS DOS RESULTADOS DE LIXIVIAÇÃO | 54 |
| FIGURA 5.2 – COMPARATIVOS DOS RESULTADOS DE SOLUBILIZAÇÃO | 55 |
| FIGURA 5.3 – COMPARATIVOS DOS RESULTADOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA | 56 |
| FIGURA 5.4 – COMPARATIVOS DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO | 58 |

LISTA DE SIMBOLOS

- ABNT* – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CAI* – Certificado de Aprovação das Instalações
- CNEN* – Comissão Nacional de Energia Nuclear
- ETEI* – Estação de Tratamento de Efluente Industrial
- JICA* – Agência Japonesa de Cooperação Internacional
- IPAAM* – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
- LQ* – Limite de Quantificação
- NBR* – Norma Brasileira
- PNRS* – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PSA* – Prestador de Serviço Ambiental
- SEMULSP* – Secretaria Municipal de Limpeza Pública
- SENAI* – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
- SISNAMA* – Sistema Nacional de Meio Ambiente
- SNVS* – Serviço Nacional de Vigilância Sanitária
- SUASA* – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
- SUFRAMA* – Superintendência da Zona Franca de Manaus

1. INTRODUÇÃO

As organizações em todos os níveis estão cada vez mais preocupadas com a qualidade ambiental e vêm buscando alternativas tecnológicas mais limpas e matérias primas menos tóxicas, a fim de reduzir o impacto e a degradação ambiental. O ritmo é lento, mas a conscientização da sociedade e a legislação ambiental têm induzido às empresas a uma relação mais sustentável com o meio ambiente.

Em vista disso, as organizações têm disponibilizado recursos para investimento em modificações de processo, qualificação de mão de obra, substituição de insumos, redução de geração de resíduos, reciclagem e racionalização de consumo de recursos naturais.

Nesta visão, a reciclagem de resíduos é fundamental para uma sociedade apoiada no desenvolvimento sustentável (ENBRI, 1994), capaz de satisfazer as necessidades do conjunto da população do presente, sem comprometer a capacidade de sobrevivência das gerações futuras. Desta forma, o desenvolvimento de estudos visando à reciclagem (ou reutilização) dos resíduos representa uma alternativa capaz de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, diminuindo os custos finais dos setores industriais geradores e consumidores dos resíduos, além de preservar o meio ambiente.



Figura 1.1 – Resíduo lodo químico (Empresa em estudo, 2015).

O resíduo denominado como "lodo químico" é gerado em indústria eletroeletrônica localizada no Polo Industrial de Manaus – PIM após o tratamento de efluentes industriais do processo produtivo pintura em superfícies metálicas, especificamente na etapa denominada desidratação e compactação por meio do filtro prensa. Este resíduo é classificado como Classe IIA - Não inerte de acordo com Norma NBR 10004 (ABNT, 2004) e pode ser reaproveitado, porém, na maioria das vezes é disposto inadequadamente em aterros sanitários e/ou lixões.

A importância de incentivar a reciclagem deste tipo de resíduo, por exemplo, em setores cerâmicos, que englobam em grande parte a construção civil, pode contribuir para diversificar a oferta de matérias-primas para produção de componentes cerâmicos e reduzir os custos da construção civil, o que é de vital importância, principalmente em um país com elevado déficit habitacional como o Brasil. Dentre os produtos fabricados pela indústria cerâmica vermelha, destacam-se os blocos cerâmicos (tijolos), telhas, lajotas para piso e forro e tubos cerâmicos.

Diversos estudos para o reaproveitamento de resíduos industriais na indústria cerâmica, sobretudo para a fabricação de tijolos, já foram realizados com sucesso, podendo-se citar a utilização de lamas de Estações de Tratamento de Efluentes, cinzas de usinas hidrelétricas, areias de fundição, refugos de mineração, escórias de fornos, resíduos de serragem de granito, entre outros (USEPA, 2003). Dentre eles é válido citar o estudo realizado com a incorporação 20% de lodo de lavanderia industrial na fabricação de tijolos cerâmicos, que após estudos realizados evidenciou-se que os tijolos foram classificados como inertes e possui estabilidade química, sendo recomendada a incorporação, pois não afeta as características do produto (HEREK, 2009).

Neste sentido, esta dissertação se justifica como uma busca de tecnologias apropriadas e mais limpas, capazes de promover o reaproveitamento do resíduo lodo químico na fabricação de blocos cerâmicos (tijolos). Uma vez que não existe uma composição de lodo ideal a ser adicionada à massa para produção de cerâmica vermelha. Tal quantidade varia de acordo com os elementos presentes na argila e no lodo, podendo estes interferir na qualidade do produto cerâmico. Do ponto de vista ambiental, a disposição de lodo em cerâmica vermelha trata-se de uma destinação final correta e viável deste resíduo (ARAÚJO, 2008).

1.2 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DA PESQUISA

A grande quantidade de resíduo de lodo químico é proveniente do processo de tratamento das Estações de Tratamento de Efluente Industriais (ETELs), sendo necessário obter alternativas para uma destinação adequada que não agride o meio ambiente. Atualmente a Estação de Tratamento de Efluente Industriais da empresa em estudo, trata em média 57 m³/dia de efluente bruto e gera cerca de 2.540 kg/mês de resíduo de lodo químico obtido após o processo de centrifugação, sendo que sua destinação final é a incineração.

Devido à possibilidade da indústria cerâmica em aceitar novos materiais em sua composição como componentes na matéria-prima, uma das alternativas promissoras de disposição correta desse material é a incorporação em materiais cerâmicos (ARAÚJO, 2008).

A indústria cerâmica é um setor de extrema importância econômica para o Brasil. Estima-se que tenha um faturamento médio de 4,2 bilhões de reais e é responsável pela geração de 214 mil empregos diretos com participação no PIB (Produto Interno Bruto) estimado em 1%, correspondendo a cerca de 6 bilhões de dólares (ABCERAM, 2003). Além disso, a construção civil no país tem aumentado consideravelmente, sendo um dos principais motores do setor industrial (JUNIOR, 2011).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE houve um aumento na Construção Civil onde o índice em março deste ano era 0,23% e no mês de abril passou a ser 0,5% (IBGE, 2015). Mostrando um cenário promissor para viabilidade da incorporação de resíduo lodo químico na indústria cerâmica. A reutilização destes resíduos pode resolver, de um lado, o problema de descarte em área da estação de tratamento e, por outro lado, diminuir a quantidade de massa argilosa consumida e, portanto, o custo da matéria-prima para produção da cerâmica. Também, pode diminuir as atividades extrativas de argila, que em muitos casos causa danos ambientais por, em geral, não envolver projetos de recuperação de áreas por parte das empresas de blocos cerâmicos (PAIXÃO, 2008).

A presente pesquisa tem por objetivo verificar a viabilidade da incorporação parcial de lodo químico no tijolo cerâmico, contribuindo com os resultados para novas pesquisas em busca de alternativas para destinação final do resíduo lodo químico gerados no processo fabril das empresas do Polo Industrial de Manaus.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar à Gestão de Resíduos da empresa do ramo eletroeletrônico localizada no Polo Industrial de Manaus – PIM, alternativa para destinação final do resíduo do lodo químico por meio da incorporação parcial de 5% na massa de argila utilizada como matéria prima na produção de tijolos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Verificar a composição química da amostra do resíduo lodo químico conforme análise de caracterização realizada pela empresa em estudo.
- Comparar os testes de caracterização do produto tijolo incorporado e tijolo normal, realizados pela empresa em estudo, apresentando a integridade de sua qualidade.
- Identificar o impacto ambiental na extração da massa argilosa utilizada como matéria prima na produção de tijolos no meio ambiente.
- Expor os benefícios da incorporação do lodo químico na qualidade do produto final.

1.4 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A oportunidade de apresentar soluções de destinação final aos resíduos gerados pelas empresas instaladas no Polo Industrial de Manaus é de suma importância, principalmente considerando a dificuldade de acesso para destinação desses resíduos para as demais regiões e de empresas que tenham estrutura e estejam devidamente licenciadas pelos órgãos competentes para prestação desse tipo de serviço. A pesquisa é de fundamental relevância para a empresa em estudo, de acordo com os seguintes argumentos:

- ✓ Ambiental: A iniciativa da empresa na incorporação de resíduo atende ao conceito dos 3R's no quesito Reutilizar que visa a utilização várias vezes de uma mesma embalagem ou de aproveitar sobras de materiais/resíduos para outras funcionalidades.

- ✓ Saúde: Atualmente destina-se o resíduo de lodo à incineração, considerado uma das principais fontes de formação de dioxinas e furanos, poluentes orgânicos persistentes e bioacumulativos dos mais tóxicos produzidos pelo ser humano. Segundo estudos já realizados, foram diagnosticados mais de 195 compostos químicos diferentes nas emissões de incineradores de resíduos.
- ✓ Social: A probabilidade de utilizar os tijolos incorporados na construção de moradias populares com custo acessível à população. Outra possibilidade é de geração de empregos diretos e indiretos tanto para as empresas do ramo cerâmico como as construtoras.
- ✓ Economia: Redução de custo, pois a empresa em estudo paga pelo transporte e destinação (incineração) deste resíduo. Se incorporado, passará a pagar apenas pelo transporte o qual será renegociado pelo setor de Compras.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho será realizado com base no método de pesquisas bibliográficas em livros, sites, periódicos, estudo de caso e demais fontes suportes pertinentes ao tema. A pesquisa desenvolvida na empresa em estudo tem como foco principal apresentar alternativa para destinação final do resíduo de lodo químico gerado no processo fabril desta empresa do ramo eletroeletrônico localizada no Polo Industrial de Manaus.

A partir dessa delimitação do tema, parte-se para a formulação da problemática a ser abordada, ou seja, questionamentos e dúvidas que o trabalho se propõe a resolver. Neste trabalho tem-se a seguinte problemática: A incorporação de 5% do resíduo lodo químico na massa de argila utilizada como matéria prima na fabricação de tijolos poderá afetar as propriedades físico-químicas do produto final?

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em capítulos devido à necessidade de estruturar a narrativa em unidades separadas conforme a seguir:

- ✓ **Capítulo I:** Composto pela introdução para textualização breve que antecede o estudo de caso e serve para apresentar, de forma sucinta, o prefácio da obra e os

elementos que motivaram á realização do mesmo, em conjunto com a justificativa, os objetivos, a relevância, a delimitação e estrutura deste trabalho.

- ✓ **Capítulo II:** Apresenta a revisão bibliográfica por meio de pesquisas correlatas. Este item é de suma importância, pois permite que se tenha uma visão geral sobre assunto abordado além de reconhecer e dar crédito à criação intelectual de outros autores.
- ✓ **Capítulo III:** Estabelece os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho visando fornecer subsídios para o desenvolvimento a partir de pesquisas bibliográficas em livros, sites, periódicos, coleta de dados e outros suportes referentes ao tema, assim como o método de estudo de caso.
- ✓ **Capítulo IV:** Informa na aplicação da pesquisa onde se deu o estudo de caso, descrevendo o perfil da empresa do ramo metalúrgico e da empresa do ramo cerâmico, detalhando ainda o processo de ambas e análise dos Resultados.
- ✓ **Capítulo V:** Apresenta a conclusão com base nos resultados obtidos dos relatórios de análises e a recomendação para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como finalidade obter um cenário atual dos pontos abordados que irão delinear a pesquisa, configurando os aspectos do desenvolvimento sustentável relacionados ao meio ambiente, dando ênfase ao conceito, ao aproveitamento de resíduos sólidos por meio da incorporação de determinado resíduo gerado no processo de uma empresa do Polo Industrial de Manaus.

2.1 As Indústrias e o Desenvolvimento sustentável

A sustentabilidade industrial tem sido foco das discussões sobre a temática que envolve questões não apenas ambientais, mas que também visam o crescente lucro, ou de condições favoráveis às indústrias. A forma mais utilizada para tornar a indústria sustentável é, sem dúvida, a adoção de projetos sustentáveis com vistas na geração de energia limpa e renovável, além de medidas de ordens sociais e ambientais que possam ser vantajosas, como por exemplo, as atitudes que permitam uma geração de emprego sustentável nas comunidades que extraíam a matéria prima utilizada pela indústria em questão, outro exemplo de atitude sustentável é a reeducação dos funcionários e o treinamento destes para tornar a produção mais ecologicamente ética. Há também medidas internacionais, como os provenientes do protocolo de Kyoto que debatem a viabilidade das industriais utilizar a intervenção financeira como meio de redução da emissão de gases danosos ao ambiente (ATITUDES SUSTENTÁVEIS, 2015).

A adoção da sustentabilidade industrial além de ser uma medida ética e produtiva, também ganha um espaço cada vez maior em questão de aceitabilidade dos consumidores. A preservação do meio ambiente entendida como elemento essencial á satisfação das necessidades humanas das gerações atuais e futuras tem sido o ponto central das discussões acerca do meio ambiente e dos modelos de desenvolvimento. Dentre os diversos termos utilizados recentemente, o termo desenvolvimento sustentável adquire cada vez mais consenso, porém, ainda encontra na prática as suas maiores dificuldades (FENZIL & MACHADO, 2009).

2.1.1 O Conceito de Sustentabilidade

A palavra Sustentabilidade é bastante debatida nas redes sociais e nos demais meios de comunicação. Segundo a WIKIPÉDIA (2015) define como: “é uma característica ou condição de um processo ou de um sistema que permite a sua permanência, em certo nível, por um determinado prazo. Ultimamente este conceito tornou-se um princípio, segundo o qual o uso dos recursos naturais para a satisfação de necessidades presentes não pode comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras, e que precisou do vínculo da sustentabilidade no longo prazo, um "longo prazo" de termo indefinido, em princípio”.

A exploração e a extração de recursos com mais eficiência e com a garantia da possibilidade de recuperação das áreas degradadas é a chave para que a sustentabilidade seja uma prática exitosa e aplicada com muito mais frequência aos grandes empreendimentos. Preencher as necessidades humanas de recursos naturais e garantir a continuidade da biodiversidade local; além de manter, ou melhorar, a qualidade de vida das comunidades inclusas na área de extração desses recursos é um desafio permanente que deve ser vencido dia a dia. A seriedade e o acompanhamento das autoridades e entidades ambientais, bem como assegurar instrumentos fiscalizatórios e punitivos eficientes, darão ao conceito de sustentabilidade uma forma e um poder agregador de ideias e formador de opiniões ainda muito maior do que já existe nos dias atuais (ATITUDES SUSTENTÁVEIS, 2015).

De uma forma simples, podemos afirmar que garantir a sustentabilidade de um projeto ou de uma região determinada; é dar garantias de que mesmo explorada essa área continuará a prover recursos e bem estar econômico e social para as comunidades que nela vivem por muitas e muitas gerações. Mantendo a força vital e a capacidade de regenerar-se mesmo diante da ação contínua e da presença atuante da mão humana.

A empresa em estudo tem a convicção de que o sucesso da empresa e as iniciativas sustentáveis ambientais andam de mãos dadas. Oferecer produtos que respeitem o meio ambiente também contribui para economia de materiais, energia e água em seus centros de produção, além de aumentar a demanda pelos eletrodomésticos.

A mesma está sempre preocupada em contribuir para a preservação do meio ambiente. Exemplo disso foi à substituição do Clorofluorcarbono (CFC) nos produtos de condicionadores de ar por Hidroclorofluorcarbono (HCFC) e Hidrofluorcarbono (HFC), que não afetam a camada de ozônio e tem pouca ação sobre o efeito estufa.

Todas as unidades da empresa no Brasil foram certificadas pelo Sistema de Gestão de Qualidade (ISO 9001), e no Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14001). Em Manaus, por exemplo, tem a primeira indústria de condicionadores de ar no Brasil com certificação ISO 14001. Possui um canal especial para conversar com o consumidor sobre meio ambiente e principalmente para esclarecer as dúvidas no que se refere a meio ambiente sobre as atividades, produtos e serviços da empresa no Brasil e no mundo.

2.2 Destinação dos Resíduos Sólidos

As empresas que no seu processo fabril possuem estação para tratamento físico químico dos efluentes industriais geram resíduos, sendo denominado em alguns casos, de lodo químico os quais são destinados à incineração ou aterro industrial. A cidade de Manaus não possui aterro industrial, apenas aterro controlado que de acordo com Secretário Municipal de Limpezas e Serviços Públicos é licenciado pelo órgão ambiental Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), porém está longe do ideal e precisa de adequações em atendimento a PNRS.

Cerca de 90% dos resíduos gerados pela empresa são destinados à reciclagem tem como principal objetivo a retirada de materiais diferenciados, o tratamento e o retorno destes ao ciclo produtivo, reduzindo o volume de resíduos a ser disposto em aterro ou enviado a outros tipos de tratamentos finais, viabilizando, desta maneira, a redução de matéria-prima necessária aos processos produtivos industriais. A Lei brasileira 12.305/2010 traz como um de seus objetivos a efetivação da reciclagem, bem como o incentivo à indústria da reciclagem e reafirma a importância deste tratamento.

Alguns resíduos são destinados a Incineração, como é o caso do resíduo de lodo químico que é objeto de estudo deste trabalho. Segundo Gouveia e Prado (2010) define a incineração como sendo um método amplamente utilizado na destinação final dos resíduos sólidos em áreas urbanas. Este processo apresenta a vantagem de diminuir o peso e o volume dos resíduos, consequentemente diminuindo os custos de logística e gerenciamento do lixo, além de prevenir o crescimento de bactérias patogênicas e a proliferação de vetores de doenças, usualmente presentes em resíduos orgânicos. Por outro lado, a incineração produz quantidades variadas de substâncias tóxicas, orgânicas ou inorgânicas, que são emitidas na atmosfera.

Partículas, gases, metais pesados, compostos orgânicos, dioxinas e furanos são exemplos de substâncias perigosas emitidas pelos incineradores de resíduos sólidos. Muitas dessas

substâncias são consideradas potencialmente carcinogênicas para a saúde humana. Portanto, suspeita-se que populações residentes em áreas próximas a incineradores estão sujeitas a um risco aumentado de câncer, já que estão expostas a estes componentes diretamente pela inalação de ar contaminado ou indiretamente por meio do consumo de água ou alimentos contaminados, ou contato dérmico com solo contaminado.

Vários estudos apontam que a exposição da população às emissões de incineradores, na maioria das vezes estimada utilizando alguma medida de distância do incinerador, está associada a um risco aumentado de alguns tipos de câncer, especialmente linfoma não-Hodgkin, sarcomas, câncer de pulmão, fígado e laringe. Além disso, alguns estudos têm também relacionado essa exposição a diversos desfechos indesejados da gravidez, incluindo baixo peso ao nascer e anomalias congênitas. No entanto, enquanto alguns estudos sugerem algum tipo de efeito na saúde humana, outros estudos são inconclusivos ou não evidenciam qualquer associação. Assim, tem sido difícil estabelecer a ocorrência e a magnitude real dos riscos da incineração de lixo, informação importante na avaliação das diferentes opções de gerenciamento dos resíduos sólidos. (GOUVEIA e PRADO, 2010).

Para o aterro controlado são enviados somente os resíduos orgânicos, pois não existe empresa que forneça o serviço de compostagem, sendo permitido o envio para o aterro conforme Portaria nº 11 (SEMULSP, 2012) que tem como premissa abster-se de destinar e dispor nas dependências do aterro público os resíduos sólidos gerados pela empresa, exceto resíduos orgânicos. Neste mesmo ano, após negociação entre as empresas geradoras, transportadores e a concessionária do gerenciamento do Aterro de Resíduos Sólidos Públicos de Manaus, foi permitida a entrada de resíduos da Classe II-A (resíduos não perigosos, não inertes) conforme Portaria nº 15 (SEMULSP, 2012), mas a empresa em estudo preferiu manter as destinações de acordo com os contratos firmados com as empresas terceiras.

2.3 A Política Nacional de Resíduos Sólidos e sua influência

Promulgada em agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é um marco na gestão ambiental no Brasil. A lei compõe uma série de diretrizes e metas relativas à gestão integrada e ao gerenciamento ambiental adequado dos resíduos sólidos, incluído os perigosos, e propõe um conjunto de regras que visam o cumprimento de seus objetivos em amplitude nacional, inclusive a aplicação de punições severas como penas passivas de prisão

àqueles que não a cumprirem. A interpretação de responsabilidade é compartilhada entre governo, empresas e sociedade (TERA AMBIENTAL, 2013)

Na prática todo resíduo deverá ser processado apropriadamente antes da destinação final. Alternativas como a coleta seletiva, reciclagem e compostagem são bons exemplos de soluções utilizadas para o processamento correto dos resíduos. O que não é aproveitado, resíduos sólidos denominados “rejeitos”, serão encaminhados para aterros sanitários, co-processamento, incineração, etc. Agosto de 2014 era o prazo estipulado pela PNRS para que todos os lixões a céu aberto fossem desativados, a coleta seletiva implantada em todo o país e que apenas os rejeitos fossem encaminhados aos aterros sanitários. Lembrando que rejeitos são definidos como os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. A legislação aprovada em 2010 prevê que os aterros tratem o chorume e transformem metano em energia.

2.3.1 Mudanças referentes aos principais agentes influenciadores da PNRS:

- ✓ Governo: Para o setor público, a principal mudança é a realização de planos para a gestão dos resíduos. A maior preocupação é com a erradicação dos lixões, viabilização de infraestrutura para a implementação de ações que possam atingir as metas estipuladas, planos de reciclagem com a participação da sociedade e catadores e o monitoramento da efetividade do plano.
- ✓ Empresas: Já para as empresas, além da Gestão dos Resíduos, o desafio é a logística reversa. O termo significa a recuperação de materiais após o consumo, existindo a possibilidade de reaproveitamento para a fabricação de novos produtos. Produtos como agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas, embalagens em geral e produtos eletroeletrônicos e seus componentes, a exemplo de geladeiras, televisores, celulares, computadores e impressoras devem retornar para o fabricante. Mas se não for possível implantar o sistema, as empresas podem tomar iniciativas como a do Shopping Eldorado, que está reaproveitando os restos de alimentos para cultivar uma horta. A palavra de ordem é reaproveitamento.
- ✓ Sociedade: Movimentos, como o 90° que dissemina jardins verticais por São Paulo e o Satisfeito, que reduz um terço da quantidade de comida do prato do cliente, mas doa a outra parte para organizações que fazem parte do programa, mostram que a sociedade, aos poucos, vai pensando em novas formas de diminuir o desperdício.

Os consumidores precisam estar conscientes que é necessário fazer o descarte correto de computadores, celulares, eletrodomésticos e outros aparelhos eletrônicos. Os restos de comida e o lixo do banheiro também precisam ser separados dos resíduos que podem ser reciclados. E se no seu bairro ou na sua cidade não houver coleta de recicláveis, está na hora de cobrar do poder público uma ação. Só com o aumento da consciência ambiental que a lei sairá do papel e a PNRS se tornará realidade para todos nós (TERA AMBIENTAL, 2013)

2.4 Demais legislações que abordam o tema de resíduos sólidos

A Norma Regulamentadora 25 estabelece medidas preventivas para Resíduos Industriais e a empresa em estudo prioriza sempre a importância da minimização de resíduos, reuso e reciclagem tornando transparente o desejo de contribuir para a preservação do meio ambiente. Para que isso de fato aconteça à empresa busca a redução da geração de resíduos por meio da adoção das melhores práticas tecnológicas principalmente os novos projetos, estabelece meta desafiadora objetivando a redução do consumo de água, energia elétrica e resíduos, dessa forma evidencia seu atendimento a deste requisito legal.

A Resolução nº 313 (CONAMA, 2002) dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Com periodicidade anual a empresa apresenta o Inventário de Resíduos ao órgão ambiental com as informações sobre a geração, características, armazenamento, transporte e destinação dos resíduos sólidos por meio do banco de dados de resíduos sólidos do PIM elaborado pela Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) em conjunto com Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) e do IPAAM. A ferramenta possibilita a consolidação do Inventário de Resíduos do PIM, uma iniciativa pioneira que deve contribuir para o aperfeiçoamento da gestão de resíduos das empresas instaladas no parque fabril local que atende as propostas previstas no Plano Diretor de Gestão de Resíduos Sólidos e a empresa utiliza essa ferramenta para auxiliar na gestão de resíduos na medida em que tem possibilidade de gerar inúmeros relatórios que serve de suporte gerencial para a empresa.

A Portaria nº 22 (SUFRAMA, 1998) dispõe sobre os serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos e líquidos das empresas e/ou entidades com projetos aprovados pela SUFRAMA. Para o atendimento a este requisito legal e certificar-se de que os serviços de coleta e transporte dos resíduos sólidos e líquidos são prestados por empresas previamente credenciadas junto à SUFRAMA e legalmente habilitadas junto aos órgãos competentes a empresa controla os licenciamento quanto ao prazo de validade e realiza auditorias periódicas para o monitoramento.

3. METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO

Neste capítulo aborda o estudo de pesquisa pertinente ao objetivo principal desta dissertação, sendo o de apresentar à Gestão de Resíduos da Empresa em estudo, alternativa para destinação final do resíduo do lodo químico. Trata-se de um estudo de caso do processo de produção na fabricação de tijolos por meio da incorporação parcial de 5% na massa de argila utilizada como matéria prima na produção de tijolos que tem as características da pesquisa: Abordagem Qualitativa – Quantitativa por se tratar de um estudo de caso.

Usar o estudo de caso para fins de pesquisa permanece sendo um dos mais desafiadores de todos os esforços das engenharias. O propósito é mostrar de forma clara a característica físico-química do tijolo incorporado viabilizando a utilização no processo de produção das indústrias cerâmicas, isso sem entrar em detalhes sobre os aspectos econômicos. Não serão informados detalhes sobre custos nesta dissertação, somente de forma preliminar as vantagens da incorporação. Neste desafio, o objetivo é projetar bons estudos de caso, coletar, apresentar e analisar os dados de forma imparcial (YIN, 2015).

3.1 Especificação do problema da pesquisa

Diversos estudos comprovam a viabilidade da incorporação de resíduo classificado como Inerte sendo considerada uma alternativa sustentável e economicamente viável. As vantagens da incorporação de resíduos são muitas, desde redução de recursos naturais, destinação adequada ao resíduo, menor custo na operação que envolve a extração da matéria prima do meio ambiente, poluição do ambiente, etc.

Na questão ambiental, quando se implanta a incorporação, a indústria cerâmica ou de qualquer outro segmento, extrai uma quantidade reduzida de argila e dependendo do percentual agregado na produção, mesmo sendo de 5% isso pode ser representativo ao processo. Reduzindo a extração de argila, com certeza haverá uma conservação do ambiente e a preservação do corpo d'água.

3.2 Caracterização e Design da Pesquisa

De acordo com Capítulo I foi recomendada a identificação do problema da pesquisa que traçaram as observações necessárias para se atingir os objetivos sugeridos com a investigação, são necessários alguns passos como: formulação do problema, definição das hipóteses, definição do tipo de pesquisa, coleta de dados, análise dos resultados, revisão final e redação.

Esta pesquisa define-se em uma investigação sobre as probabilidades da confluência tecnológica por meio do envolvimento e colaboração dos funcionários da Empresa em estudo. Com base na pergunta de pesquisa e os objetivos deste estudo a opção metodológica foi pela pesquisa quantitativa de abordagem prática.

Algumas características básicas identificam os estudos qualitativos. Onde, segundo essa perspectiva, um fenômeno pode ser bem compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando “captar” o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nela envolvida, considerando todos os pontos de vista relevantes (KOCHE, 1997).

Assim, a abordagem qualitativa aprofunda-se no mundo dos significados das ações e relações humanas, das aspirações, crenças e valores locais das pessoas (MINAYO, 1994). A estrutura geral da pesquisa como mostra a Figura 3.1 define os passos a serem seguidos dentro da metodologia adotada para a mesma, o escopo do trabalho e a estrutura da revisão bibliográfica.

3.3 Delineamento da Pesquisa

O delineamento da pesquisa nos indica como os dados serão coletados, analisados e interpretados. Através deles foram estabelecidos os relacionamentos entre as questões iniciais da pesquisa, os dados coletados e as respectivas conclusões finais do estudo (YIN, 2015).

Gil (2002) considera que cada pesquisa possui um delineamento próprio, determinado pelo objeto do estudo, pela dificuldade de obtenção de dados, pelo nível de precisão exigido e pelas limitações do próprio pesquisador. Como o presente estudo pretende utilizar como técnica de pesquisa um estudo de caso simples, tendo como unidade de análise uma única organização localizada no Polo Industrial de Manaus.

O estudo de caso e técnica de pesquisa particularmente apropriada quando se deseja estudar situações complexas, nas quais, resultados praticamente impossíveis separam as variáveis do fenômeno de seu contexto (YIN, 2015). O estudo de caso resulta conveniente

quando a pesquisa tem interesse na evolução do processo do fenômeno em estudo (MERRIAM, 1998).

3.4 Operacionalização da Pesquisa

O interesse por esse tema de pesquisa foi instigado pela necessidade em adotar as melhores práticas quanto à destinação de resíduos, sempre com foco nos conceitos de reciclagem, reutilização e redução de resíduo do processo.

Com o suporte da Empresa em estudo, em investir nesse projeto baseado na economia que a empresa teria com a destinação de resíduos tanto no transporte do resíduo ao destino final quanto na destinação final foi possível iniciar as pesquisas e coleta de dados para alcançar o objetivo final que é a incorporação de resíduos industriais.

A partir desse momento a pesquisa tomou perfil e dedicação da pesquisadora que concentrou na análise do referencial teórico dando base na sustentação e na criação de um método capaz de levar a pesquisa para suas conclusões futuras.

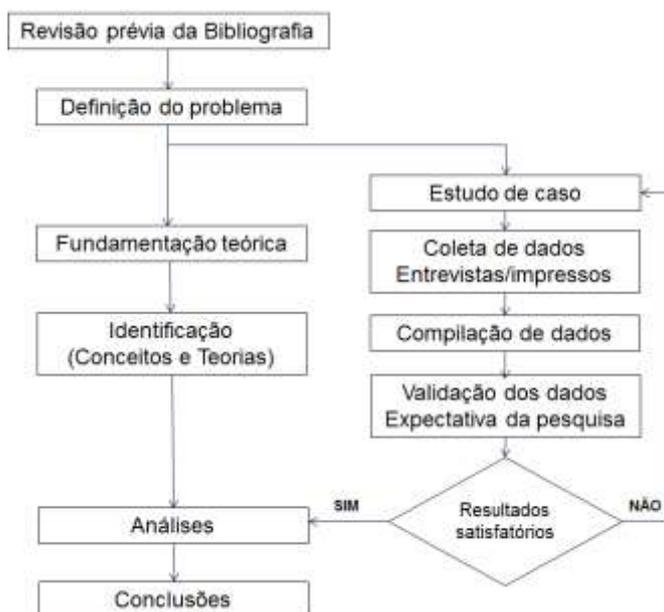


Figura 3.1 - Fluxograma de Design de Pesquisa. (Felipe, 2014).

3.5 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de consulta de procedimentos ambientais e demais controles operacionais, avaliação de resultados dos registros de análises físico-químicas obtidos na Empresa em estudo e visitas técnicas no site. Também foram utilizados outros

métodos de pesquisas bibliográficas em livros, sites, periódicos, coleta de dados e outros suportes referentes ao tema, assim como o método de estudo de caso.

3.6 Análise de dados

Para Yin (2015) e Gil (2002) a análise de dados é o quinto componente e consiste em examinar, categorizar, classificar em tabelas ou, do contrário, recombinar as evidências tendo em vista proposições iniciais de um estudo. Foram disponibilizadas amostras de bloco cerâmico para serem submetidas aos ensaios de conformidade que verificaram as características do produto seguindo as diretrizes estabelecidas nas Normas e documento técnicos:

- ✓ Caracterização do resíduo: NBR 10.004, NBR 10.005 e NBR 10.006.
- ✓ Caracterização do tijolo: NBR 15270-2 e NBR 15270-3.

CAPÍTULO IV

4. APLICAÇÃO DA PESQUISA: ESTUDO DE CASO

4.1 A empresa em estudo e sua localização

O Pólo Industrial de Manaus é um dos mais modernos da América Latina, reunindo indústrias de ponta das áreas de eletroeletrônica, veículos de duas rodas, produtos ópticos, produtos de informática, indústria química, indústria metalúrgica, dentre os quais, destacamos a produção de Aparelho de Condicionador de ar. A Figura 4.1 mostra o mapa de localização da empresa em estudo no Pólo Industrial de Manaus.



Figura 4.1 – Mapa de localização. (www.google.com/maps, 2015).

4.1.1 Perfil da Empresa em estudo

A Empresa em estudo foi fundada em 1997 e está instalada no Pólo Industrial de Manaus cujo ramo de atividade é mecânico, produzem em seu complexo industrial condicionadores de ar e forno micro-ondas. Na empresa existem vários processos operacionais que antecedem a produção dos produtos, sendo: metalurgia e linha de solda, os quais seguem para o processo de Pintura composta por uma etapa de pré-tratamento, que visa preparar as peças para o recebimento da pintura conforme Figura 4.2 – Fluxograma do processo.

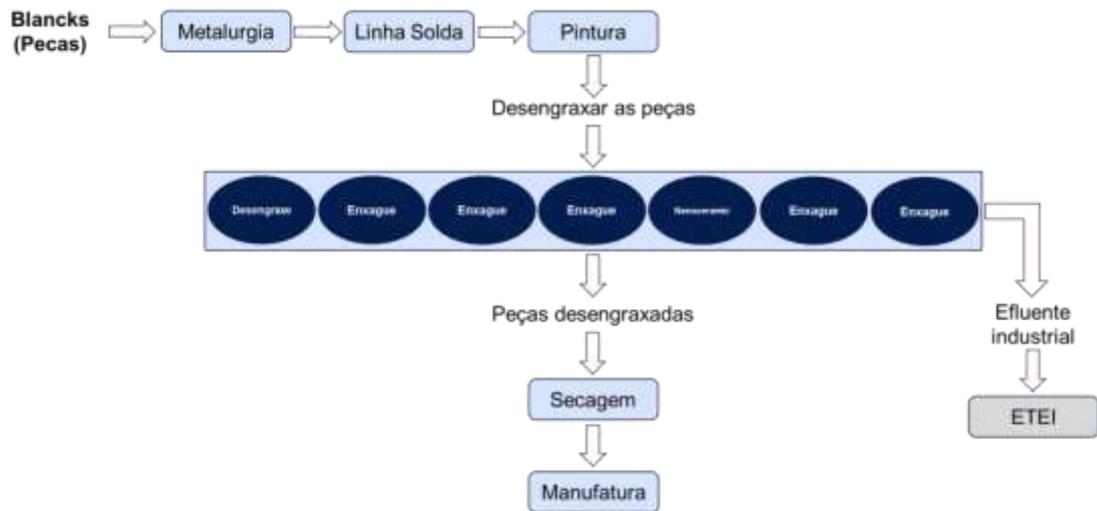


Figura 4.2 – Fluxograma do processo (Empresa em estudo, 2015).

4.1.1.1 Principais aspectos ambientais

- ✓ **Água:** O sistema de abastecimento do consumo de água potável e consumo de água do processo produtivo é através do poço tubular. A licença de uso e outorga ainda não são cobrados pelo órgão ambiental IPAAM, porém foi solicitado o cadastro do poço no site IPAAM. Não existe aplicação de produtos químicos na água para o abastecimento. Quanto ao controle de qualidade da água, são realizadas mensalmente análises físico-químicas e microbiológicas de potabilidade da água realizado por laboratório licenciado.
- ✓ **Efluente industrial:** O efluente é tratado na ETEI - Estação de Tratamentos de Efluentes Industriais, em conformidade com a legislação ambiental vigente, sendo que os parâmetros químicos são analisados de acordo com tal legislação para comprovar o atendimento aos valores máximos/mínimos para descarte. No item 4.1.2 é apresentado o fluxograma do processo da ETEI.
- ✓ **Efluente doméstico:** O sistema de tratamento de esgoto doméstico implantado atende as necessidades de eficiência de no mínimo 90% na remoção de matéria orgânica (esgoto) e capacidade para 1500 funcionários. O processo de tratamento é basicamente biológico, o que dispensa o uso de produtos químicos e maquinários complexos além de oferecer o tratamento de esgoto e qualidade da água tratada, propicia o seu reuso em inúmeras aplicações não potáveis tais como: irrigação de pomares e jardins. O funcionamento se dá em quatro etapas:

- 1º Etapa Anaeróbia = recebimento do esgoto bruto realizado sem presença de oxigênio;
 - 2º Etapa Aeróbia = são empregados microorganismos para oxidar a matéria orgânica da etapa anterior, com o uso de oxigênio molecular;
 - 3º Etapa Decantação Secundária = propicia a sedimentação ou decantação das colônias de microorganismos (lodo ativado);
 - 4º Etapa Desinfecção = reduz microorganismos patogênicos descartado do sistema de tratamento. Após o tratamento no estabelecimento, o efluente é descartado na rede pública. Quanto ao controle de qualidade do efluente líquido, são realizadas mensalmente análises físico-químicas e microbiológicas através de laboratório licenciado.
- ✓ **Emissões atmosféricas:** São geradas pelo sistema de tratamento de superfície na área de Pintura, no qual são avaliados os parâmetros: Material Particulado (MP) e Amônia (NH₃), por meio das análises químicas. Os resultados encontrados não são comparados aos seus respectivos limites de emissões, por não haver parâmetros especificados na Legislação Ambiental e não terem sido informados pelo órgão Ambiental licenciador, sendo os resultados utilizados apenas para avaliar a Eficiência de Operação do Processo Industrial.
- ✓ **Ruído:** Gerado por meio das atividades de manufatura e de transporte logístico interno e externo e é monitorado semestralmente para verificação do atendimento aos requisitos.
- ✓ **Resíduos sólidos:** Gerados nos processos produtivos e em atividades administrativas (classe I, IIA e IIB). A empresa possui um sistema de coleta seletiva de resíduos onde cada setor possui coletores individuais identificados e adequados, conforme o tipo de resíduo que possibilita a separação no próprio local de geração.

4.1.2 Geração do resíduo lodo químico

O resíduo lodo químico é gerado na etapa do tratamento do efluente industrial dos efluentes líquidos industriais das atividades Pintura e demais contribuições de efluentes de outros processos, por exemplo, Brasagem, Trocador de calor, Central de ar comprimido, Torre de resfriamento nº 1 e 2, Área de lavagem de Equipamentos e Laboratório Químico da Manufatura. Os efluentes líquidos são separados em efluentes ácidos, alcalinos e oleosos aos

respectivos tanques de recepção e são tratados por bateladas em processo de tratamento do tipo físico-químico conforme identificado na figura 4.3.

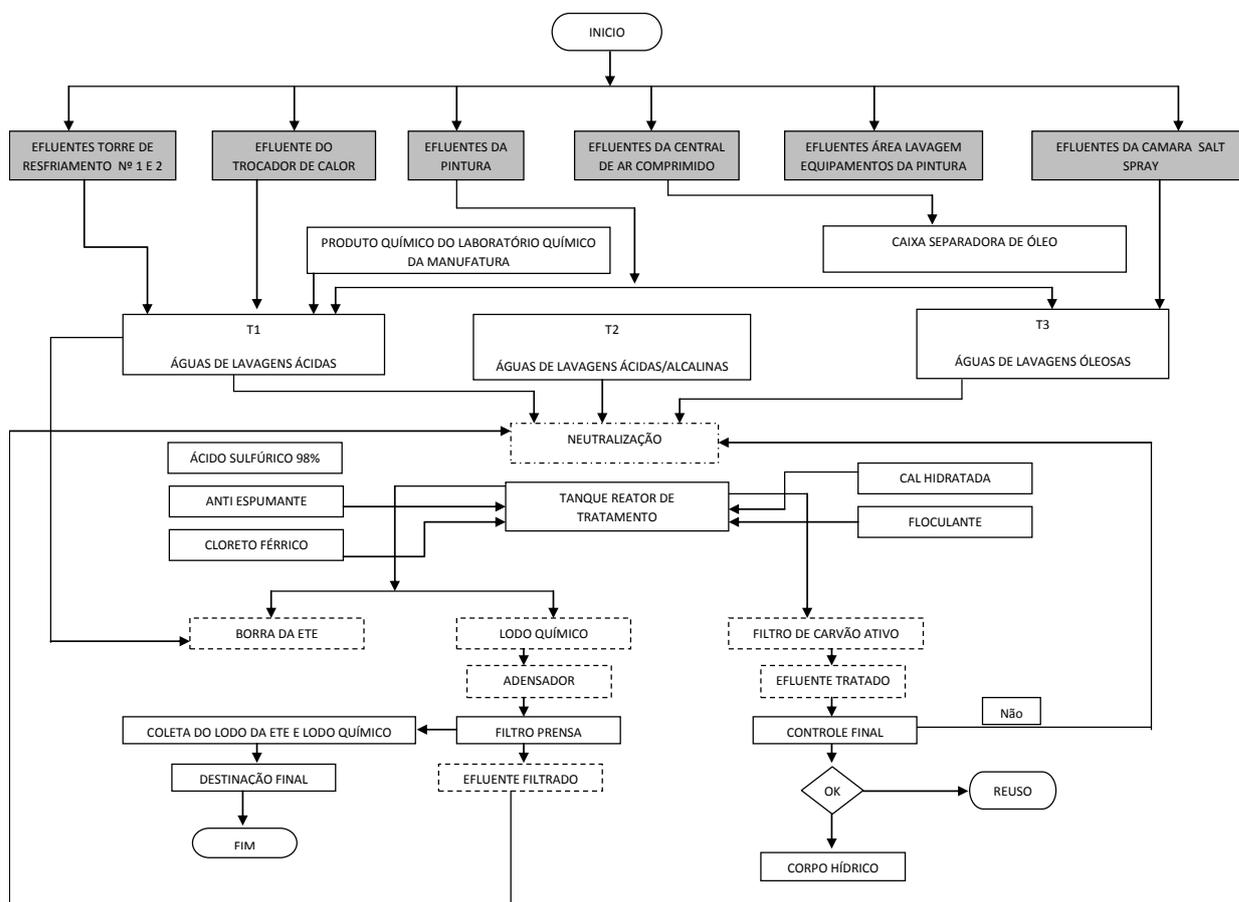


Figura 4.3 – Fluxograma da ETEI (Empresa em estudo, 2015).

A Figura 4.4 mostra o tanque de recepção e armazenagem das águas de lavagens do processo de pintura até que seja possível a transferência para tanque reator. O tanque possui um sistema de alarme que faz comunicação com o setor de pintura e a portaria para avisar de um potencial ou real transbordo dos tanques receptores de efluentes industriais.



Figura 4.4 – Tanque de Recepção. (Empresa em estudo, 2015).

No tanque reator são realizados tratamentos periódicos em regime de bateladas para posteriormente passarem pelo processo de Floculação / Decantação. A Figura 4.5 mostra o tanque reator para tratamento físico químico do efluente industrial.



Figura 4.5 - Tanque Reator. (Empresa em estudo, 2015).

Para tratamento físico químico do efluente industrial é necessário a preparação dos produtos químicos com Cal Hidratado ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), Cloreto Férrico (FeCl_3), Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), Anti-espumante e Floculante (FLC) nas quantidades necessárias para acerto do pH entre 5,0 a 9,0 para homogeneização e tratamento do efluente industrial no tanque reator. A

Figura 4.6 mostra os tanques de preparação de produtos químicos para tratamento físico químico do efluente industrial.



Figura 4.6 – Tanque de Preparação. (Empresa em estudo, 2015).

O carvão ativado é usado na fase final do processo de tratamento físico-químico, sendo considerado de suma importância para remoção de determinadas substâncias. As impurezas ficam retidas na camada de carvão tendo como resultado uma água filtrada com alto índice de pureza, sendo reutilizada pela empresa na lavagem de peças e equipamentos, lavagem de pisos e irrigação de jardim. A Figura 4.7 mostra o equipamento de Filtro de Carvão Ativado responsável pela água filtrada com alto índice de pureza.



Figura 4.7 – Filtro de Carvão Ativado. (Empresa em estudo, 2015).

Após este processo de filtragem o efluente líquido passa pelo tanque adensador que armazena o Lodo químico formado e que posteriormente será bombeado para o filtro prensa que é responsável pela desidratação e compactação do lodo. A Figura 4.8 mostra o tanque de Adensador do lodo químico.



Figura 4.8 – Tanque Adensador. (Empresa em estudo, 2015).

O equipamento Filtro Prensa é responsável pela desidratação e compactação dos lodos, conseguida com filtros de placas (telas filtrantes). O filtro prensa é construído por bateria de placas verticais justapostas e apoiadas fortemente umas às outras, por cilindro hidráulico, enquanto o filtrado é enviado para o tanque de neutralização, onde o efluente reiniciará o processo de tratamento. Periodicamente, o filtro deve ser aberto, para que as placas se separem uma das outras e a torta formada seja descartada em coletor específico. A limpeza das telas também deve ser realizada, com a finalidade de recobrar a capacidade inicial de drenado. A Figura 4.9 mostra o filtro prensa para desidratação e compactação do lodo químico.



Figura 4.9 – Filtro Prensa. (Empresa em estudo, 2015).

O resíduo lodo químico é acondicionado em tambores metálicos, devidamente identificados e enviados à Central de Resíduos até seu envio à destinação final do resíduo através da empresa Cerâmica. A Figura 4.10 mostra o armazenamento do resíduo lodo químico para posterior destinação final.



Figura 4.10 – Armazenamento do Resíduo. (Empresa em estudo, 2015).

4.1.3 Quantidade de resíduo gerado no Ano

O responsável pela Central de Resíduos Industriais realiza a pesagem do resíduo e emite a nota fiscal de saída, a qual é utilizada para alimentação do banco de dados utilizado para controle operacional e monitoramento do indicador Destinação de Resíduo. As informações compiladas mensalmente são utilizadas para elaboração do Inventário de Resíduos, sendo submetidas ao parecer dos órgãos ambientais pertinentes. A figura 4.11 demonstra a quantidade e o custo do resíduo de lodo químico gerado no ano.

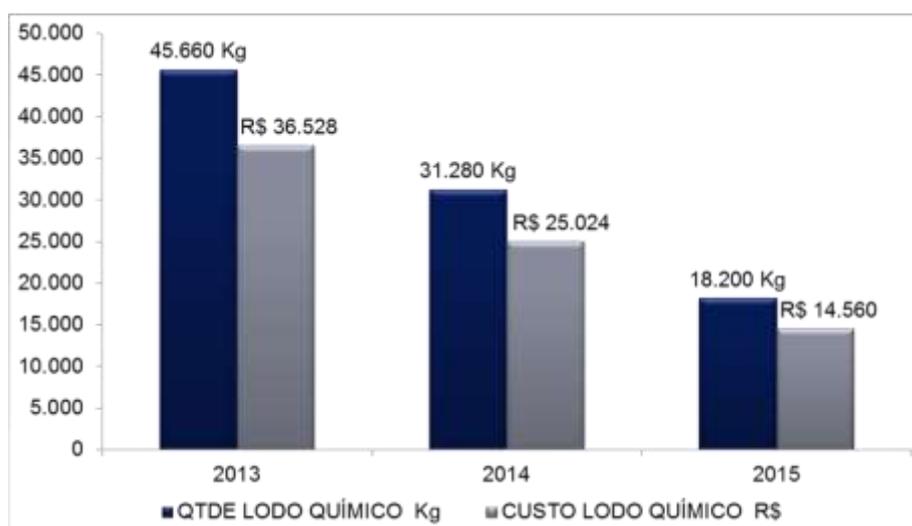


Figura 4.11 – Quantidade x Custo de Resíduo. (Empresa em estudo, 2015).

4.1.4 Segregação, Identificação, Coleta e Transporte

A segregação de resíduos consiste na separação no momento e local de sua geração conforme suas características físicas, químicas, biológicas, o seu estado físico e os riscos envolvidos, visando reduzir o volume de resíduos contaminados, pelo contato por outros, diminuir os riscos acidentais, adotar melhor processo para o tratamento dos resíduos infectantes ou contaminantes.

Os coletores são identificados por meio de adesivos com o sistema de código de cores preconizado pela Resolução 275 (CONAMA, 2001) e o serviço de coleta e transporte externo é realizado por empresa devidamente licenciada pelo órgão ambiental IPAAM. O veículo utilizado é do tipo carroceria que permite o engate da caçamba, sendo quinzenal a frequência de retirada do resíduo lodo químico. É de responsabilidade do coordenador da Central de Resíduos Industriais realizar a pesagem do resíduo, emitir a nota fiscal de saída e solicitar a coleta à empresa terceirizada conforme periodicidade definida.

4.2 O processo fabril de tijolo cerâmico

O tijolo é um produto cerâmico, avermelhado, geralmente em forma de paralelepípedo e amplamente usado na construção civil, artesanal ou industrial. É um dos principais materiais de construção. O tijolo tradicional é fabricado com argila e de cor avermelhada devido cozimento e pode ser maciço ou furado conforme Figura 4.12.



Figura 4.12 – Produtos da empresa Cerâmica. (Empresa em estudo, 2015).

4.2.1 Perfil da empresa Cerâmica

As indústrias cerâmicas estão situadas na grande maioria ao longo da Estrada Manuel Urbano, próxima às jazidas. O estudo foi realizado junto à empresa Cerâmica localizada no km 38 no município de Iranduba que se encontra situado geograficamente à margem esquerda do Rio Solimões com área de 2.214,251 km² (IBGE, 2013).

A empresa possui licenciamento ambiental do órgão ambiental IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas que autoriza a lavra de argila em área de 2,24ha. A Figura 4.13 mostra o mapa com dados cartográficos do município de Iranduba.



Figura 4.13 – Dados cartográficos do município Iranduba. (IBGE, 2015)

4.2.2 Extrao e estoque da matéria prima argila

A argila utilizada como matéria prima na fabricao do tijolo  extraída do fundo de um lago artificial localizado próximo  empresa. HELDER SANTOS (2009) realizou estudos que teve como objetivo identificar e analisar os principais impactos causados pelas atividades das principais olarias do município de Tabatinga, sendo destacados como impactos positivos a produo de tijolos e gerao de empregos e para os impactos negativos foram identificados os desmatamentos e as cavas considerados os principais. Para a extrao da argila além dos desmatamentos, a camada de solo superficial  retirada e descartada formando um cenário de terras arrasadas devido aos processos erosivos. A erosão tem provocado também o assoreamento

dos cursos de água de pequeno porte situados próximo das áreas desmatadas que mostram sinais de agonia de uma morte anunciada.

Para amenizar os impactos gerados no processo de extração da argila, a empresa Cerâmica transforma o local escavado em um lago para utilização posteriormente na atividade de piscicultura, pois a área é de várzea permitindo a transformação do local, gerando mais uma opção de fonte de renda. A Figura 4.14 mostra o lago onde foi realizada a extração da argila utilizada no processo cerâmico.



Figura 4.14 – Lago para extração da argila (Empresa em estudo, 2015).

Após extração, a argila é armazenada até passar pela fase de purificação, cujo objetivo é livrar a argila de impurezas e substâncias estranhas. A Figura 4.15 mostra o Armazenamento da Argila.



Figura 4.15 – Armazenamento da Argila (Empresa em estudo, 2015).

4.2.3 Processo de fabricação de tijolos

Logo após, a argila é homogeneizada, amassada e umedecida com água, em seguida é triturada em uma máquina conhecida como maromba (equipamento utilizado na fabricação de tijolos). Na sequência por meio de uma esteira segue para a fase de modelação, em que a argila é moldada com pastas consistentes em forma de paralelepípedos, através de cilindros e ferramentas de corte. Depois de moldados os tijolos são secos naturalmente em local sem interferência de sol ou vento até que esteja pronto para queima nos fornos. A Figura 4.16 mostra a esteira utilizada para transporte da matéria prima ao o equipamento Maromba utilizado como triturador.



Figura 4.16 – Equipamentos do processo: (A) Esteira e (B) Maromba. (Empresa em estudo, 2015).

Para a queima do forno são utilizados paletes e podas de árvores como fonte energética, sendo necessária primeiramente a secagem e na sequência a separação para utilização nos 12 fornos que operam 48h de queima a uma temperatura de 900°C. O tempo de resfriamento do forno para retirada dos tijolos é de 50°C onde a produção é de 30.000 tijolos. A Figura 4.17 mostra um dos fornos utilizados no processo.



Figura 4.17 – Fornos. (Empresa em estudo, 2015).

O forno utilizado para a queima da serragem seria do tipo túnel, dotado de uma câmara de queima de geometria retangular consistindo em alvenaria de tijolos comuns, apresentando uma grela horizontal localizada na parte superior do forno. A carga de tijolos a ser "queimada" fica adequadamente distribuída em cima de um carinho que atravessa o forno. Os gases da combustão atravessam de cima para baixo a carga de tijolos, sendo depois levados, através de um canal subterrâneo situado na base do forno, até a chaminé sob o principio de tiro natural da chaminé ou até a estufa (secador) são aproveitados para secar os tijolos úmidos que irão ser queimados em seguida. (SANTOS, 2002). A Figura 4.18 mostra o processo de queima de resíduo de madeira utilizado como fonte energética na fabricação de tijolos.



Figura 4.18 – Queima de resíduo de madeira. (Empresa em estudo, 2015).

4.2.4 Formulação da mistura lodo químico x argila

Esta etapa do trabalho consiste na definição do percentual mais indicado para incorporação do resíduo lodo químico na massa cerâmica para a fabricação de tijolos, em substituição da argila. Para tal, foram confeccionados e analisados corpos de prova, conforme descrito a seguir.

4.2.5 Confeções dos Corpos-de-prova

Para a confecção dos corpos de prova foram utilizados dois tipos de matérias-primas: a argila (matéria-prima convencional) e o lodo químico (matéria-prima alternativa). A amostra do lodo químico foi coletada na empresa em estudo, a amostra de argila foi coletada de uma área licenciada pelo órgão ambiental de propriedade da empresa Cerâmica vermelha, localizada no município de Iranduba/AM.

Foram moldados os corpos de prova contendo uma proporção de 5% do resíduo tendo (aproximadamente 110g de lodo químico, para uma massa de argila em torno de 2200g) sendo utilizados os seguintes equipamentos: Extrusora, Maromba, Forno e Estufa de secagem com controle de temperatura de até 200° C. Logo após foram mantidos à temperatura ambiente por 24 horas e levados à estufa para secagem final, à temperatura de 105° C, por mais 24 horas e em seguida, procedeu-se à operação de queima na mufla, aumentando-se gradualmente a sua temperatura até 850°C, a fim de seguir o mais próximo possível dos procedimentos que ocorrem

em escala industrial de acordo com o perfil térmico do forno da fábrica de tijolos onde posteriormente foi realizado o teste de queima.

Após a queima, os corpos de prova foram submetidos a testes físicos para verificação da resistência à compressão e absorção de água e para análises físico-químicas a fim de verificar a classificação dos mesmos segundo a Norma NBR 10004 (ABNT, 2004).

4.3 Caracterizações do resíduo lodo químico e tijolos (Normal/Incorporado)

Para avaliar, caracterizar e classificar um resíduo sólido faz-se necessário a amostragem estatística do material, com intuito de verificar a sua homogeneidade possibilitando assim um destino adequado do resíduo sólido com as suas respectivas concentrações dos elementos a serem analisados.

Os tipos de equipamentos a serem aplicados dependem da característica do resíduo sólido e do tipo de acondicionamento. Nas amostragens de tambores é utilizado trado de dois ou um amostrador de profundidade, dependendo da umidade do material. É importante que estes amostradores sejam descontaminados entre uma e outra amostragem, pois isso pode mascarar os resultados analíticos.

A amostragem do resíduo lodo químico gerado no processo produtivo, do tijolo normal e tijolo incorporado com resíduo da empresa em estudo, foram realizados conforme orientações das normas:

- ✓ Norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) – Caracterização de Resíduos que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:
 - Resíduos Classe I – Perigosos > São aqueles que apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Consulte a NBR para maiores detalhes sobre cada característica enquadrada nessa classificação.
 - Resíduos Classe II – Não Perigosos > A) Resíduos Classe II A – Não Inertes: São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Resíduos Classe II B – Inertes: São quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da Norma NBR 10004 (ABNT, 2004).
- ✓ Norma NBR 10.005 (ABNT, 2004) – Ensaio de Lixiviação que descreve todos os passos deste ensaio de maneira a proporcionar o efeito de percolação dos elementos contidos no resíduo sólido, e então analisando os elementos indicados ou impostos pela Norma NBR 10.004 (ABNT, 2004).
 - Lixiviação: Processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator.
- ✓ Norma NBR 10.006 (ABNT, 2004) – Ensaio de Solubilização que fixa os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela Norma NBR 10004 (ABNT, 2004) como classe IIA – Não Inerte e classe IIB – Inerte.
- ✓ Norma NBR 10.007 (ABNT, 2004) – Amostragem de Resíduo que especifica as técnicas de coleta dos resíduos a serem caracterizados.

As análises físicas e físico-químicas para caracterização do material em estudo foram realizadas em uma única amostra, não sendo possível fazer repetições devido ao custo agregado das análises. Os Métodos analíticos adotados foram de acordo com STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTERWATER – 21ª Edição.

4.4 Testes de Absorção de água e Resistência à compressão

Os testes foram realizados no Laboratório de Ensaio Cerâmico da Escola SENAI “Demóstenes Travessa”, localizada na Av. Rodrigo Otávio, 510 – Distrito Industrial, sendo utilizada a Norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005) – Componentes Cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação. Esta Norma define a metodologia de ensaios, conforme anexos:

- ✓ Anexo B para determinação da massa e do índice de absorção de água;
- ✓ Anexo C para determinação da resistência à compressão.



Figura 4.19 – Amostras para análise. (Empresa em estudo, 2015).

4.4.1 Determinação da Absorção de água

Esse ensaio verifica o percentual de água absorvido pelo bloco cerâmico, obtido a partir da diferença entre a massa seca e a massa úmida da amostra. A metodologia de ensaio estabelecida pela norma brasileira, primeiro determina-se a massa do bloco cerâmico após secar em estufa. Feito isso, mergulha-se a amostra em água, deixando-a submersa por um período determinado. Desta vez, mede-se a massa do bloco úmido.

Através da diferença entre os dois valores encontrados, obtém-se o percentual de água absorvido pela amostra. O índice de absorção d'água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22% conforme estabelecido na Norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005) – Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação. Esta Norma define os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos de vedação a serem utilizados em obras de alvenaria de vedação, com ou sem revestimento.

4.4.2 Determinação da Resistência à compressão

Esse ensaio verifica a capacidade de carga que os blocos cerâmicos suportam quando submetidos a forças exercidas perpendicularmente sobre suas faces opostas e determina se as amostras oferecem resistência mecânica adequada, simulando a pressão exercida pelo peso da

construção sobre os tijolos. O não atendimento aos parâmetros normativos mínimos indica que a parede poderá apresentar problemas estruturais como rachaduras e, conseqüentemente, oferecerá riscos de desabamento à construção.

A resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, calculada na área bruta, deve atender aos valores mínimos indicados pela Norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005), sendo:

- Para blocos usados com furos na horizontal = $\geq 1,5$ Mpa
- Para blocos usados com furos na vertical = $\geq 3,0$ Mpa

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a caracterização que consiste em determinar os principais aspectos físico-químicas, biológicas, qualitativas e/ou quantitativas das amostras de resíduo lodo químico e dos tijolos (normal e incorporado), foi realizado um monitoramento no período de junho de 2014 a janeiro de 2015 conforme Relatórios de Ensaio identificados nas tabelas abaixo realizados pelo laboratório Microlab – Laboratório de Análises e Pesquisas Clínicas Biológicas Ltda.

5.1 Relatório de Ensaio de caracterização do resíduo de lodo químico

Os parâmetros analisados foram definidos de acordo com as características do processo fabril e para a finalidade que será utilizado. Os resultados analíticos do Relatório de Ensaio nº54.434 auxiliam na classificação do resíduo para a escolha da melhor destinação do mesmo. A Tabela 5.1.1 apresentam as características do resíduo lodo químico quanto ao aspecto, cor, pH da amostra, umidade, cianeto, etc...

Tabela 5.1.1 – Características do resíduo. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Resultado |
|-------------------------------------|------------------|
| Aspecto | Sólido |
| Cor | Marrom |
| pH da amostra (Solução 1 : 1) | 10,0 |
| Presença de líquidos livres | () Sim (X) Não |
| % Sólidos | 100% |
| % Sólidos secos (a 100 ± 20 °C) | 33% |
| Cianeto (mg/kg) | <1,0 |
| Ponto de fulgor (°C) | >200 |
| % Umidade | 67% |

Nas Tabelas 5.1.2 e 5.1.3 apresentam as características do ensaio de lixiviação do resíduo lodo químico e conclui-se que na amostra analisada não consta dos listados dos anexos A e B da Norma NBR 10.004 (ABTN, 2004), não apresentou concentrações superiores nos limites estabelecidos no anexo F da referida Norma referente extrato obtido no ensaio de Lixiviação.

Tabela 5.1.2 – Características do Ensaio de lixiviação. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Unidade | Valor limite | Resultado |
|------------------|----------------|---------------------|------------------|
| Arsênio | mg/L | 1,0 | <0,010 |
| Bário | mg/L | 70,0 | <0,010 |
| Cádmio | mg/L | 0,5 | <0,005 |
| Chumbo | mg/L | 1,0 | <0,010 |
| Cromo total | mg/L | 5,0 | <0,010 |
| Fluoreto | mg/L | 150 | <0,400 |
| Mercúrio | mg/L | 0,10 | <0,010 |
| Prata | mg/L | 5,0 | <0,010 |
| Selênio | mg/L | 1,0 | <0,010 |

Tabela 5.1.3 – Características da massa bruta. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Unidade | Valor limite | Resultado |
|---------------------------------|----------------|---------------------|------------------|
| Berílio | mg/Kg | - | <2,0 |
| Cromo hexavalente | mg/Kg | - | <2,0 |
| Níquel | mg/Kg | - | <1,0 |
| Óleos e Graxas | % | - | 3500 |
| Vanádio | mg/Kg | - | 6,30 |
| Quantidade de amostra lixiviado | G | - | 50 |
| Volume da solução extratora | ml | - | 1000 |
| Tempo total de lixiviação | Hora (h) | - | ±18 |
| pH do extrato lixiviado | - | - | 10 |

Na Tabela 5.1.4 apresentam os resultados do ensaio de solubilização do resíduo lodo químico que apontam concentrações superiores no parâmetro Fluoreto que está acima do valor máximo permitido no anexo G da Norma NBR 10.004 (ABTN, 2004).

Tabela 5.1.4 – Características do Ensaio de Solubilização. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Unidade | Valor limite | Resultado |
|----------------------------|----------------|---------------------|------------------|
| pH do extrato solubilizado | - | - | 7,0 |
| Alumínio | mg/L | máx. 0,20 | <0,010 |
| Arsênio | mg/L | máx. 0,010 | <0,010 |
| Bário | mg/L | máx. 0,70 | <0,010 |
| Cádmio | mg/L | máx. 0,005 | <0,005 |
| Chumbo | mg/L | máx. 0,01 | <0,010 |
| Cianeto | mg/L | máx. 0,07 | <0,020 |
| Cloreto | mg/L | máx. 250 | 56,29 |
| Cobre | mg/L | máx. 2,0 | <0,010 |
| Cromo total | mg/L | máx. 0,05 | <0,010 |
| Fenóis totais | mg/L | máx. 0,01 | <0,00001 |
| Ferro | mg/L | máx. 0,30 | <0,010 |
| Fluoreto | mg/L | máx. 1,50 | 2,68 |
| Manganês | mg/L | máx. 0,10 | 0,020 |
| Mercúrio | mg/L | máx. 0,001 | 0,001 |
| Nitrato | mg/L | máx. 10,0 | <1,0 |
| Prata | mg/L | máx. 0,05 | <0,010 |
| Selênio | mg/L | máx. 0,01 | <0,010 |
| Sódio | mg/L | máx. 200 | 13,10 |
| Sulfato | mg/L | máx. 250 | <5,0 |
| Surfactantes | mg/L | máx. 0,50 | <0,15 |
| Zinco | mg/L | máx. 5,0 | 0,061 |

Os ensaios de caracterização, lixiviação e solubilização do resíduo lodo químico, demonstram que os principais constituintes do lodo são: Cloreto, Ferro, Fluoreto e Zinco em função das reações alcalinas e ácidas da superfície metálica das peças dos produtos fabricados e da constituição da mistura ácida do tanque do nano cerâmico (processo pelo qual se faz a convenção de camada da matéria prima do produto final).

Com base nos resultados obtidos, a amostra identificada como resíduo Lodo Químico é classificado como Classe II A – Resíduo Não Inerte e Não Perigoso, conforme Norma NBR 10004 (ABNT, 2004).

5.2 Relatórios de Ensaio de caracterização dos Tijolos: Normal (Resultado 1) e Incorporado com lodo químico (Resultado 2)

Os parâmetros analisados foram os mesmos definidos de acordo para o resíduo de lodo químico. Os resultados analíticos do Relatório de Ensaio nº 54.435 auxiliam na classificação dos tijolos para viabilidade de uso na construção civil. A Tabela 5.2.1 apresentam as características do tijolo normal (Resultado 1) e do tijolo incorporado com lodo químico (Resultado 2) quanto ao aspecto, cor, pH da amostra, umidade, cianeto, etc...

Tabela 5.2.1 – Características das amostras dos tijolos. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Resultado 1 | Resultado 2 |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| Aspecto | Sólido | Sólido |
| Cor | Marrom | Marrom |
| Presença de líquido livre? | () Sim (X) Não | () Sim (X) Não |
| % Sólidos | 100% | 100% |
| % Sólidos secos (a 100 ± 20) °C | 99,52% | 99,49% |
| % Umidade | 0,48% | 0,51% |
| pH da amostra (Solução 1 : 1) | 5,0 | 5,0 |
| Cianeto (mg/kg) | < 1,0 | < 1,0 |
| Sulfeto (mg/kg) | < 1,0 | < 1,0 |
| Ponto de fulgor (°C) | >200 | >200 |

Nas Tabelas 5.2.2 e 5.2.3 apresentam as características do ensaio de solubilização do tijolo normal (Resultado 1) e do tijolo incorporado com lodo químico (Resultado 2). A análise do extrato obtido apresentou concentração superior no parâmetro "Fluoreto" estando acima do Valor Máximo definido no anexo (G) da Norma NBR 10004 (ABNT, 2004) para ambas as amostras analisadas. Apesar de não ter ultrapassado, os parâmetros Alumínio e Nitrato obtiveram concentrações no valor limite permitido pelo requisito legal.

Tabela 5.2.2 – Características do ensaio de solubilização. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Resultado 1 | Resultado 2 |
|----------------------------|--------------------|--------------------|
| pH do extrato solubilizado | 5,0 | 5,0 |

Tabela 5.2.3 – Características químicas do solubilizado – Inorgânico. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Unid | LQ | Limite Max | Resultado 1 | Resultado 2 |
|------------------|-------------|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Alumínio | mg/L | 0,01 | 0,20 | 0,10 | 0,20 |
| Arsênio | mg/L | 0,005 | 0,01 | <0,005 | <0,005 |
| Bário | mg/L | 0,01 | 0,70 | <0,01 | <0,01 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | 0,005 | <0,001 | <0,001 |
| Chumbo | mg/L | 0,005 | 0,01 | <0,005 | <0,005 |
| Cianeto | mg/L | 0,01 | 0,07 | <0,01 | <0,01 |
| Cloreto | mg/L | 1,0 | 250,0 | 19,67 | 15,01 |
| Cobre | mg/L | 0,01 | 2,0 | <0,01 | <0,01 |
| Cromo total | mg/L | 0,01 | 0,05 | <0,01 | <0,01 |
| Fenóis totais | mg/L | 0,000001 | 0,01 | <0,000001 | <0,000001 |
| Ferro | mg/L | 0,01 | 0,30 | <0,01 | <0,01 |
| Fluoreto | mg/L | 0,25 | 1,50 | 2,88 | 5,02 |
| Manganês | mg/L | 0,01 | 0,100 | <0,01 | <0,01 |
| Mercurio | mg/L | 0,0005 | 0,001 | <0,0005 | <0,0005 |
| Nitrato | mg/L | 1,25 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Prata | mg/L | 0,01 | 0,05 | <0,01 | <0,01 |
| Selênio | mg/L | 0,005 | 0,01 | <0,005 | <0,005 |
| Sódio | mg/L | 0,01 | 200,0 | 8,50 | 9,90 |
| Sulfato | mg/L | 1,0 | 250,0 | 10,60 | 29,80 |
| Surfactantes | mg/L | 0,15 | 0,50 | <0,15 | <0,15 |
| Zinco | mg/L | 0,01 | 5,0 | <0,01 | <0,01 |

Nas Tabelas 5.2.4, 5.2.5 e 5.2.6 apresentam as características do ensaio de lixiviação do tijolo normal (Resultado 1) e do tijolo incorporado com lodo químico (Resultado 2). As amostras analisadas não constam dos listados nos anexos A e B da Norma NBR 10004 (ABNT, 2004), não apresentaram concentrações superiores nos limites estabelecidos no anexo (F) da referida Norma para extrato obtido no ensaio de lixiviação.

Tabela 5.2.4 – Características do Ensaio de Lixiviação. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Resultado 1 | Resultado 2 |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| Ph da amostra (solução a 5%) | 4,0 | 4,0 |
| Quantidade de amostra lixiviada | 100g | 100g |
| Volume do líquido | 2000ml | 2000ml |
| Tempo total de lixiviado ± | ± 18 h | ± 18 h |
| pH do extrato lixiviado | 4,0 | 4,0 |
| % Umidade | 0,48% | 0,51% |
| pH da amostra (solução a 50%) | 4,0 | 4,0 |

Tabela 5.2.5 – Características Químicas do Lixiviado - Inorgânico. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Unid | LQ | Limite Max | Resultado 1 | Resultado 2 |
|-------------|------|------|------------|-------------|-------------|
| Arsênio | mg/L | 0,01 | 1,0 | <0,01 | <0,01 |
| Bário | mg/L | 0,01 | 70,0 | <0,01 | <0,01 |
| Cádmio | mg/L | 0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | 1,0 | <0,01 | <0,01 |
| Cromo total | mg/L | 0,01 | 5,0 | <0,01 | <0,01 |
| Fluoretos | mg/L | 0,01 | 150,0 | 149,75 | 93,71 |
| Mercúrio | mg/L | 0,01 | 0,1 | <0,01 | <0,01 |
| Prata | mg/L | 0,01 | 5,0 | <0,01 | <0,01 |
| Selênio | mg/L | 0,01 | 1,0 | <0,01 | <0,01 |

Tabela 5.2.6 – Características Massa Bruta. (Empresa em estudo, 2015)

| Parâmetro | Unid | LQ | Resultado 1 | Resultado 2 |
|-------------------|------|------|-------------|-------------|
| Arsênio | mg/L | 2,0 | <2,0 | <2,0 |
| Berílio | mg/L | 2,0 | <2,0 | <2,0 |
| Cádmio | mg/L | 2,0 | <2,0 | <2,0 |
| Chumbo | mg/L | 2,0 | <2,0 | <2,0 |
| Cianeto | mg/L | 1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Cobre | mg/L | 2,0 | 5,20 | 5,60 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | 2,0 | <2,0 | <2,0 |
| Cromo total | mg/L | 2,0 | 1,0 | 1,0 |
| Índice de Fenóis | mg/L | 1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Mercúrio | mg/L | 0,50 | <0,50 | <0,50 |
| Níquel | mg/L | 1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Óleos e Graxas | mg/L | 0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Selênio | mg/L | 1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Vanádio | mg/L | 1,0 | 81,30 | 67,20 |
| Zinco | mg/L | 1,0 | 2,20 | 3,60 |

A Tabela 5.2.7 apresentam os resultados dos Compostos Surrogates (são compostos geralmente deuterados ou sintéticos que não são encontrados no meio ambiente, portanto são adicionados nas amostras não ocasionando interferências/erros na análise).

Tabela 5.2.7 – Compostos Surrogates – Ytrio. (Empresa em estudo, 2015)

| Concentração Adicionada (mg/l) | Faixa de Recuperação (%) | Recuperação do Surrogate (%) Resultado 1 | Recuperação do Surrogate (%) Resultado 2 |
|--------------------------------|--------------------------|--|--|
| 0,080 | 80 – 120 | 102 | 85 |

Legenda:

LQ: Limite de Quantificação

Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização, lixiviação e solubilização do tijolo normal (Resultado 1) e do tijolo incorporado com lodo químico (Resultado 2),

demonstram que os principais constituintes das análises dos Resultados 1 e 2 são: Alumínio, Cobre, Fluoreto e Nitrato.

Na figura 5.1 – Mostra o comparativo dos resultados do Ensaio de Lixiviação, a maior concentração encontrada no parâmetro Fluoreto foi no tijolo normal, ou seja, tijolo fabricado com 100% de argila sendo justificado, pois o fluoreto é a forma iônica do flúor e um dos elementos mais abundantes no planeta, sendo entre os halogênios o mais presente na crosta terrestre. É encontrada em minerais como a fluorita, a criolita e a fluorapatita, o flúor é acessível ao homem geralmente na natureza nas formas de fluoretos, substância essa que se localiza no ambiente de forma variada (no ar, na água, no solo, nas plantas e nos animais). Portanto, justifica-se a presença deste elemento na composição da argila utilizada como matéria prima na fabricação do tijolo.

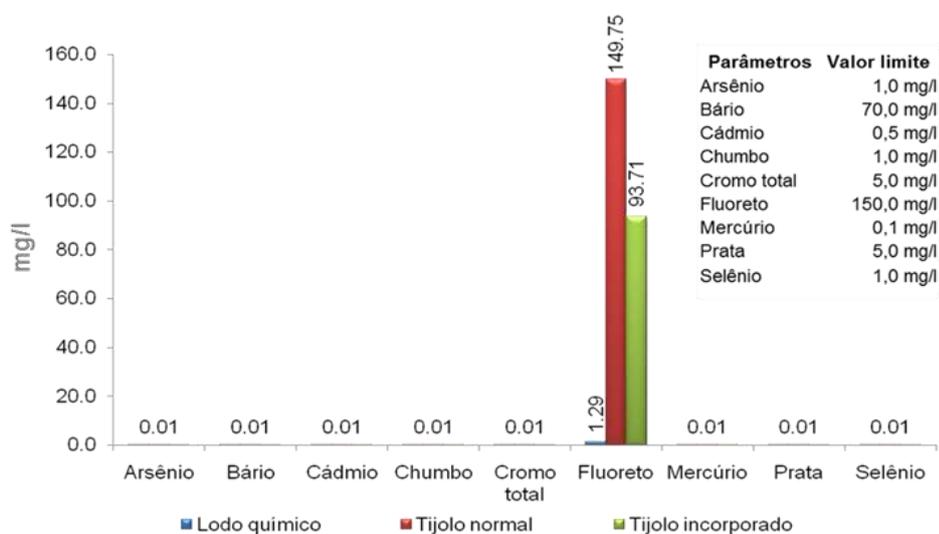


Figura 5.1 – Comparativo dos resultados de Lixiviação. (Empresa em estudo, 2015).

Na figura 5.2 – Mostra o comparativo dos resultados do Ensaio de Solubilização 02 parâmetros se destacam, sendo: Cloreto que apresentação concentração maior no resultado obtido no lodo químico, o qual se justifica pelo uso da substancia cloreto férrico como coagulante no processo de tratamento industrial. E nas análises dos tijolos, mostrou-se presente o Nitrato que provém da utilização de adubos na agricultura, dejetos da criação de animais e de sistemas sépticos deficientes que pode está presente no local de extração da argila.

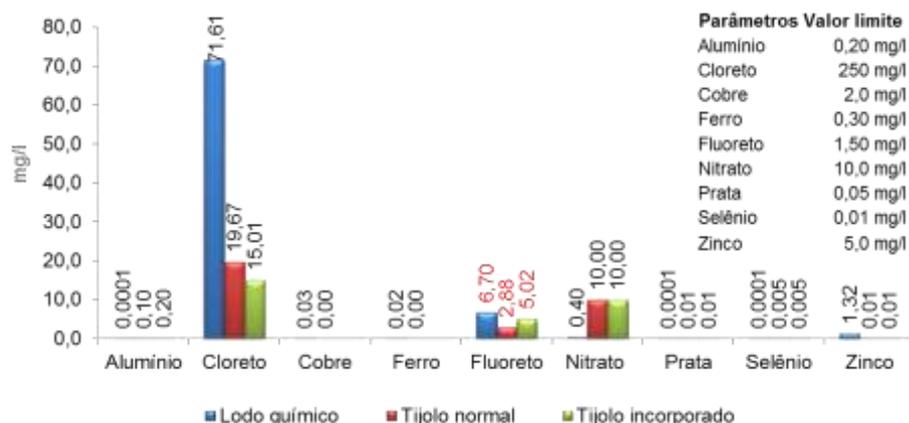


Figura 5.2 – Comparativo dos resultados de Solubilização. (Empresa em estudo, 2015).

Com base nos resultados encontrados, as amostras identificadas como "tijolo normal e tijolo incorporado com lodo químico" são classificadas como Classe II A - Não Inerte e Não Perigoso, conforme Norma NBR 10004 (ABNT, 2004).

5.3 Relatórios de Ensaio de absorção de água das amostras: Tijolo normal e do Tijolo incorporado com lodo químico.

Os parâmetros analisados foram definidos de acordo com tratativa estabelecida pela Norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005) conforme os resultados analíticos apresentados nos Relatórios de Ensaio nº40.748 e 40.749. As Tabelas 5.3.1 e 5.3.2 apresentam os resultados do teste de absorção de água de 06 amostras de tijolos sem e com incorporação do resíduo lodo químico, os quais estão dentro da faixa estabelecida na Norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Tabela 5.3.1 – Resultado Absorção (tijolo normal).

| Bloco nº | Massa seca (g) | (%) Absorção de água |
|----------|----------------|----------------------|
| 1 | 2110 | 17,3 |
| 2 | 2130 | 16,7 |
| 3 | 2150 | 17,7 |
| 4 | 2045 | 18,6 |
| 5 | 2050 | 0,2 |
| 6 | 2015 | 0,0 |

| | | |
|--|-------------|----------------|
| Média | 2083 | 11,7 |
| Tolerância permitida pela NBR 15270-1 | | 8 a 22% |

Tabela 5.3.2 – Resultado Absorção (tijolo Incorporado).

| Bloco nº | Massa seca (g) | (%) Absorção de água |
|----------|----------------|----------------------|
| 1 | 2135 | 17,1 |
| 2 | 2070 | 16,9 |
| 3 | 1970 | 18,0 |
| 4 | 2110 | 16,1 |
| 5 | 1990 | 16,1 |
| 6 | 2020 | 16,3 |

| | | |
|--|-------------|----------------|
| Média | 2049 | 16,8 |
| Tolerância permitida pela NBR 15270-1 | | 8 a 22% |

Nesse ensaio, as amostras dos tijolos não incorporados (100% argila) e o incorporado com 5% de lodo químico foram consideradas conformes, pois apresentaram percentual de absorção de água na faixa de 11,7 a 16,8% (média dos resultados das amostras) inferior a 22% (vinte e dois por cento), indicando que a parede construída com esses tijolos não sofrerá aumento de carga quando exposta à chuva, e não acarretará problemas estruturais à construção.

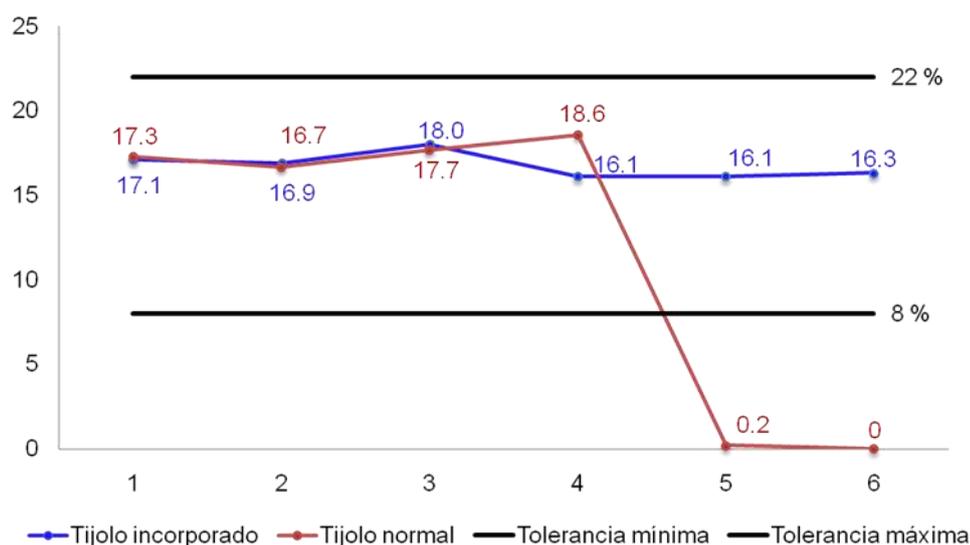


Figura 5.3 – Comparativo dos resultados absorção de água. (Empresa em estudo, 2015).

Na figura 5.3 – Mostra o comparativo dos resultados absorção de água, os resultados do tijolo incorporado se mostram uniformes e dentro do especificado pelo requisito legal. O mesmo não ocorre para os resultados do tijolo normal que teve 02 resultados abaixo do permitido, porém como a amostragem foi simples de 06 amostras o lote é considerado

“Conforme” de acordo a Tabela 8 — Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios da Norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

5.4 Relatórios de Ensaio de resistência à compressão das amostras: Tijolo normal e Tijolo incorporado com lodo químico.

Os parâmetros analisados foram definidos de acordo com tratativa estabelecida pela Norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005) conforme os resultados analíticos apresentados nos Relatórios de Ensaio nº40.748 e 40.749. As Tabelas 5.4.1 e 5.4.2 apresentam os resultados do teste de resistência à compressão de 13 amostras de tijolos sem e com incorporação do resíduo lodo químico, os quais estão dentro da faixa estabelecida na Norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Tabela 5.4.1 – Resultado Resistência à compressão (tijolo normal).

| Bloco nº | MPa | Kgf/cm² |
|---|------------|---------------------------|
| 14 | 1,7 | 168,1 |
| 15 | 0,6 | 61,6 |
| 16 | 1,8 | 180,6 |
| 17 | 0,7 | 69,4 |
| 18 | 0,9 | 93,2 |
| 19 | 1,3 | 127,1 |
| 20 | 1,2 | 122,8 |
| 21 | 1,1 | 105,2 |
| 22 | 1,2 | 118,2 |
| 23 | 0,7 | 65,7 |
| 24 | 1,3 | 131,5 |
| 25 | 0,2 | 23,2 |
| 26 | 1,8 | 177,0 |
| Média | 1,1 | 111,0 |
| Tolerância permitida pela NBR 15270-1 | | |
| Para blocos usados com furos na horizontal $\geq 1,5$ MPa | | |

Tabela 5.4.2 – Resultado Resistência à compressão (tijolo Incorporado).

| Bloco nº | MPa | Kgf/cm ² |
|---|------------|---------------------|
| 14 | 0,6 | 63,9 |
| 15 | 0,6 | 56,5 |
| 16 | 0,7 | 69,3 |
| 17 | 1,3 | 127,2 |
| 18 | 0,6 | 64,9 |
| 19 | 0,5 | 54,9 |
| 20 | 1,1 | 109,7 |
| 21 | 0,7 | 65,9 |
| 22 | 0,4 | 39,8 |
| 23 | 1,2 | 118,5 |
| 24 | 2,1 | 208,7 |
| 25 | 0,8 | 77,3 |
| 26 | 1,8 | 178,9 |
| Média | 1,0 | 95,0 |
| Tolerância permitida pela NBR 15270 | | |
| Para blocos usados com furos na horizontal ≥ 1,5 MPa | | |

Observam-se nas tabelas 5.4.1 e 5.4.2 que os resultados da resistência à compressão das amostras dos tijolos não incorporados (100% argila) e o incorporado com 5% de lodo químico foram bastante semelhantes, faixa de 1,0 – 1,1 MPa, porém esses valores estão abaixo do estabelecido na Norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005), o qual deve ser maior ou igual a 1,5 MPa.

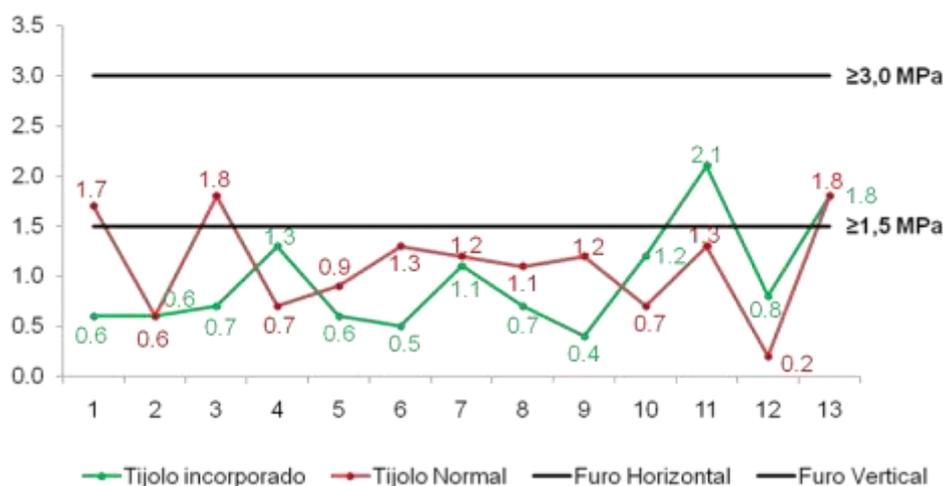


Figura 5.4 – Comparativo dos resultados da resistência à compressão. (Empresa em estudo, 2015).

Na figura 5.4 – Mostra o comparativo dos resultados da resistência à compressão, as amostras de blocos cerâmicos analisados no referido teste de compressão apresentam septos trincados e paredes externas fissuradas em desacordo com o requisito legal. Os resultados apontam índices de não conformidade para os produtos analisados, indicando a necessidade de melhorias no processo da empresa em estudo, pois a certificação de produtos começa a ser exigência de mercado, a partir da introdução de programas de qualidade total pelas construtoras.

6. CONCLUSÃO

O lodo químico analisado apresenta características principais de teor de cloreto, ferro, fluoreto e zinco, porém apesar do ensaio de solubilização apresentar concentrações superiores do parâmetro fluoreto estando acima do limite permitido do Anexo G da Norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) devido à característica da argila subtraída do solo desta região. Portanto, o resíduo de lodo químico é classificado como Classe II A – Não inerte e não perigoso.

As análises físico-químicas demonstram que não há lixiviação de metais no tijolo incorporado com 5% de lodo químico, o mesmo ocorre com ensaio de solubilização sendo classificado como Inerte pelas Normas atualmente em vigor e nem possui características que o tornam perigoso do ponto de vista ambiental e não interfere na integridade de sua qualidade.

Foram identificados impactos ambientais tipo: os desmatamentos e as cavas do solo devido o processo de extração da “argila” utilizada como matéria prima na fabricação do tijolo. Porém, esse impacto é minimizado devido a área ser de várzea, a qual permite que o local seja transformado em um lago posteriormente na atividade de piscicultura, gerando emprego e renda para comunidade local.

Quanto aos benefícios da incorporação foram considerados os dois principais, sendo: a reutilização de resíduo atendendo o conceito dos 3Rs – Reciclagem, Reutilização e Redução conforme requisitos legais das normas vigentes no país. O outro seria a redução do consumo de recurso natural a ser extraído da natureza.

Portanto, objetivo geral da dissertação foi alcançado sob os seguintes aspectos: A Gestão de Resíduos da Empresa em estudo possui uma alternativa para destinação final do resíduo do lodo químico por meio da incorporação parcial na massa de argila utilizada como matéria prima na produção de tijolos, pois não houve alteração significativa nas características química, mecânicas e ambientais. Desta forma, é possível sua comercialização como um bloco cerâmico de vedação.

7. SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

Os resultados apontam como recomendação desta dissertação para as seguintes continuidades:

- ✓ Estudos por meio científico para avaliação do comportamento físico e físico-químico do material com outras concentrações de incorporação do resíduo de lodo químico;
- ✓ Estudos por meio de análises para avaliação do comportamento físico e físico-químico do material com outras empresas do ramo cerâmico.

8. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR – 10004 Resíduos sólidos – classificação, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR – 10005 Lixiviação de resíduos - procedimentos, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. . NBR – 10006 Solubilização de resíduos – procedimentos, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR – 10007 Amostragem de resíduos - procedimentos, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR – 15270-1 Componentes cerâmicos - Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR – 15270-2 Componentes cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR – 15270-3 Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. Telha cerâmica – determinação da massa e da absorção de água. NBR – 8947, Rio de Janeiro, 2 p. 1985.

AMARAL, Sérgio Pinto. Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômicas nas Empresas: Como entender, Medir e Relatar . Ed. Tocalino.

ARAÚJO, F. S. D. Influência do lodo de ETE na massa para fabricação de massa vermelha. 2008. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais)-Centro de Ciências exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA – ABCERAM. Cerâmica no Brasil – Introdução – Números do Setor – Cerâmica Vermelha. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/asp/abc_283.asp>. Acesso em: 08 ago. de 2015.

Apostila Resíduos Sólidos Industriais. 2 ed. CETESB/SP

ATITUDES SUSTENTAVEIS >> <http://www.atitudessustentaveis.com.br/> sustentabilidade/sustentabilidade-industrial-aplicando-sustentabilidade-indústria. Acesso em 15 ago. 2015.

BRUXEL, Fernando Roberto. "A problemática dos resíduos provenientes do setor de gemas: avaliação da incorporação de lodo de gemas na massa cerâmica". 2011. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 08 abr. 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/220>>. Acesso em: 06 ago. 2015.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília, 2002.

Consultoria Jurídica (Ambito). O sistema "Legal" é acessado através da internet pela seguinte endereço: www.ambito.com.br. Acesso em 16 ago. 2015.

ENBRI. Development of a framework for environmental assessment of building materials and components (ENBRI Proposal to European Community BRITE EURAM Program). 1994.

FELIPE, Tereza Rodrigues; Rocha, Gilberto de Miranda; Leite, Jandecy Cabral. Reciclagem de garrafas pet para utilização em sistema de telhas sustentável. Revista Sodebras. Volume 9. Nº 104 - Agosto/ 2014. ISSN - 1809-3957.

FENZL, Norbet e MACHADO, José Alberto da costa. A sustentabilidade de sistemas complexos: conceitos básicos para uma ciência do desenvolvimento sustentável: aspectos teóricos e práticos. Belém/NUMA/UFPA, 2009.

GIL, A.C. Como elaborar projeto de pesquisa. 4ª Edição. Editora Altas. São Paulo. SP. 2002.

GOUVEIA, Nelson; PRADO, Rogério Ruscitto do. Análise espacial dos riscos à saúde associados à incineração de resíduos sólidos: avaliação preliminar. Rev. bras. epidemiol., São Paulo , v. 13, n. 1, p. 3-10, mar. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2010000100001&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 18 ago. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2010000100001>.

HELDER, M. C. S. Principais Impactos Ambientais provocados pela Mineração de Argilas no Município de Tabatinga/AM. Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, 2009. Disponível em <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/tabatinga/resumos/136.htm>>. Acesso em 14 ago. 2015.

HEREK, L. C. S. et al . Incorporação de lodo de lavanderia industrial na fabricação de tijolos cerâmicos. Cerâmica, São Paulo , v. 55, n. 335, p. 326-331, set. 2009 . Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em 11 ago. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132009000300013>.

LIMA, José Dantas de. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. ABES – PB; João Pessoa - PB, 2001.

MERRIAM, S. Qualitative research and case study applications in education. San Francisco – Jossey – Bass, 1998.

PAIXAO, L. C. C. et al . Efeito da incorporação de lodo de ETA contendo alto teor de ferro em cerâmica argilosa. Cerâmica, São Paulo , v. 54, n. 329, p. 63-76, mar. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132008000100010&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 ago. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132008000100010>.

SILVA, Mauro Valério da. Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-05032012-143621/>>. Acesso em: 2015-08-11.

SEMULSP – Secretaria Municipal de Limpeza Pública. Portaria nº 11, de 14 de março de 2012. Proíbe o descarte para destinação final e tratamento dos denominados “resíduos de terceiros” nas dependências do Aterro de Resíduos Sólidos Públicos do Município de Manaus. Manaus, 2012.

SUFRAMA – Superintendência da Zona Franca de Manaus. Portaria nº 22, de 04 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre os serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos e líquidos das empresas e/ou entidades com projetos aprovados pela SUFRAMA. Manaus, 1998.

TERAAMBIENTAL >> <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/topic/política-nacional-de-resíduos-sólidos>. Caracterização de Resíduos Sólidos. Acesso em 12 ago. 2015.

VITORINO, J. P. D.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F.. Caracterização e incorporação de resíduos provenientes de Estação de Tratamento de Água em cerâmica argilosa. Cerâmica, São

Paulo , v. 55, n. 336, p. 385-392, dez. 2009 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132009000400008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 12 ago. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132009000400008>.

YIN, Robert. K. Estudo de Caso – Planejamento e Métodos. 3a Edição. Bookman. Porto Alegre. RS. 2015.