



INSTITUTO FEDERAL
Fluminense
Campus Macaé

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS
ECOLÓGICOS: INOVAÇÃO E GESTÃO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL

RAFAEL DA SILVA CORDEIRO

MACAÉ-RJ

2018

RAFAEL DA SILVA CORDEIRO

RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS
ECOLÓGICOS: INOVAÇÃO E GESTÃO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Orientador: D.Sc. José Augusto Ferreira da Silva.

MACAÉ-RJ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C794r Cordeiro, Rafael da Silva, 1986-.
Resíduos de estação de tratamento de água na produção de tijolos ecológicos: inovação e gestão industrial sustentável / Rafael da Silva Cordeiro. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018. xi, 42 f.: il. color.

Orientador: José Augusto Ferreira da Silva, 1970-.

Dissertação (Mestrado). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2018. Inclui bibliografia.

1. Resíduos sólidos - Reaproveitamento. 2. Tijolos. 3. Água - Estações de tratamento. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Solo-cimento. I. Silva, José Augusto Ferreira da, 1970-, orient. II. Título.

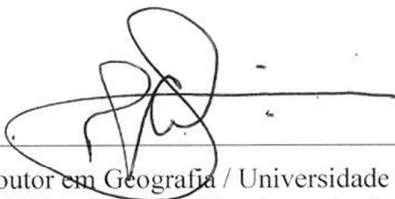
CDD 620.142

23.ed.

Dissertação intitulada **RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS: INOVAÇÃO E GESTÃO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL**, elaborada por **Rafael da Silva Cordeiro** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, com o requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Aprovado em: 27/07/2018

Banca Examinadora:



José Augusto Ferreira da Silva, Doutor em Geografia / Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador



Romeu e Silva Neto, Doutor em Engenharia de Produção / Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)



Cristiano Souza Marins, Doutor em Engenharia de Transportes / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal Fluminense (UFF)



Cristiane da Silva Monteiro, Doutoranda em Direito Ambiental/ Universidade Católica Argentina (UCA)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família, minha força para os desafios da vida. A Dona Tereza, minha mãe que amo e sei que me ama incondicionalmente ao meu Pai, José, pelas orações; a minha irmã, Renata, pelo incentivo; e a minha tia, Sueli pelo apoio. E principalmente ao nosso Deus, pois, sem ele, nada disso seria possível!

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Tereza da Silva Cordeiro, que sempre me incentivou a estudar cada vez mais.

À minha irmã, Renata Cordeiro Ximenes do Prado, e meu pai, José Cordeiro Filho, pelas orações e pelo apoio, mesmo que de longe.

Ao professor, orientador e amigo José Augusto Ferreira da Silva, pelo aprendizado que me foi passado e pelas disponibilidades dos encontros de orientação, pelas correções de rumo e apoio neste caminho tão novo para mim.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do IFFluminense.

Ao Instituto Federal Fluminense pelo auxílio disponibilizado na realização dessa pesquisa.

Aos meus colegas de turma pela amizade e trabalho em equipe.

Aquele que é a razão de toda a nossa existência, o nosso Deus, onipotente, onisciente e onipresente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Equilíbrio dinâmico do Desenvolvimento Sustentável.....	07
Figura 02 – Esquemático de classificação de Resíduos Sólidos.....	11
Figura 03 – Fluxograma de Gerenciamento de resíduos sólidos.....	16
Figura 04 – Exemplo de armazenamento de lodo de ETA – IFFLUMINENSE Polo de Inovação Campos Dos Goytacazes.....	20
Figura 05 – Visão aérea da ETA de Guandu.....	21
Figura 06 – Amostras de LETA, água bruta e água tratada (da esquerda para a direita)	29
Figura 07 – Amostras de lodo em estufa.....	30
Figura 08 – Pesagem de lodo seco.....	30
Figura 09 – Exemplos de formatos e modelos de tijolos.....	31
Figura 10 – Tijolos Ecológicos e suas multifuncionalidades.....	31
Figura 11 – Amostras de solo antes e depois de tratamento.....	33
Figura 12 – Visão de decantação do LETA em reservatório e amostra.....	33
Figura 13 – Amostra de solo a ser seco em estufa.....	34
Figura 14 – Prensa Manual com massa.....	35
Figura 15 – Tijolos em estufa.....	36
Figura 16 – Corte dos tijolos.....	37
Figura 17 – Capeamento dos tijolos.....	38
Figura 18 – Ensaio de Compressão simples.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Empresas em relação a paradigmas e posturas quanto à questão ambiental.....	08
Quadro 02 - Tratamento requerido para as águas destinadas ao abastecimento público.....	18
Quadro 03 – Relação solo/resíduo no traço.....	34
Quadro 04 – Pesagem dos blocos com relação ao ciclo de 6 horas de secagem.....	35
Quadro 05 – Resultados de ensaio de absorção de água.....	37
Quadro 06 – Resultados de ensaio de compressão simples	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

COP - Conferência das Partes Internacional

ETA- Estação de Tratamento de Água

EUA - Estados Unidos da América

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense

ISE - Índice de Sustentabilidade Empresarial

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

ONU - Organização das Nações Unidas

PERS/RJ - Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SIMARN - Sistema de Monitoramento Ambiental e dos Recursos Naturais por Satélite

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS: INOVAÇÃO E GESTÃO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL

RESUMO

O uso racional e sustentável dos recursos naturais preconiza a busca da mitigação dos impactos ambientais na produção fabril, ratificada de forma positiva pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) oficializado pela Lei nº 12.305 de 2010. O PNRS institui a responsabilidade compartilhada de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes pelos produtos colocados no mercado, o que vem promovendo discussões para aperfeiçoamento da produção industrial, que permeiam o melhor aproveitamento da matéria-prima utilizada e a constante procura de materiais e técnicas que minimizem a crescente escassez dos recursos naturais. Buscou-se com a pesquisa fazer um estudo de viabilidade técnica para fabricação de tijolos ecológicos com base nos resíduos de Estações de Tratamento de Água (ETA) e sem utilização de fornos, visando seu potencial sustentável, uma vez que pode promover benefícios como: redução de custos de destinação de resíduos, reaproveitamento de água, melhoria da imagem institucional, das relações com órgãos governamentais e comunidades. A pesquisa foi realizada no IFFluminense – Campus Macaé e baseia-se nos métodos descritivo-exploratório combinando aspectos das pesquisas qualitativas e quantitativas, pesquisa bibliográfica, documental e análise laboratorial de amostragens para formação de blocos para teste de absorção de água e resistência. Os resultados demonstraram a fragilização dos tijolos com o aumento a quantidade de lodo de ETA em sua composição.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Tijolo, solo-cimento.

**WASTE TREATMENT WASTE IN THE PRODUCTION OF ECOLOGICAL BRICKS:
INNOVATION AND SUSTAINABLE INDUSTRIAL MANAGEMENT**

ABSTRACT

The rational and sustainable use of natural resources advocates the search for mitigation of environmental impacts in factory production, positively ratified by the National Solid Waste Policy (PNRS) officially established by Law No. 12,305 of 2010. The PNRS establishes the shared responsibility of manufacturers, importers, distributors and traders for products placed on the market, which has been promoting discussions to improve industrial production, which permeate the best use of the raw material used and the constant search for materials and techniques that minimize the growing scarcity of natural resources. The research was carried out to make a technical feasibility study for the manufacture of ecological bricks based on the wastewater treatment plants (ETA) and without the use of furnaces, aiming at their sustainable potential, since it can promote benefits such as: reduction waste disposal costs, water reuse, improvement of institutional image, relations with government agencies and communities. The research was conducted at IFFluminense - Macaé Campus and is based on descriptive-exploratory methods combining aspects of qualitative and quantitative research, bibliographic research, documentary and laboratory analysis of samples for the formation of blocks for water absorption and resistance testing. The results demonstrated the weakening of the bricks with increasing the amount of ETA sludge in their composition.

Keywords: *Sustainability, Brick, soil-cement*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
RESUMO.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: ESTUDO DE VIABILIDADE PARA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COM RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	02
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	05
3. MATERIAL E MÉTODO.....	22
3.1. Método.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÃO.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
ARTIGO CIENTÍFICO 2: PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COM RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	28
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	29
3. MATERIAL E MÉTODO.....	32
3.1. Material.....	32
3.2. Método.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5. CONCLUSÃO.....	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO	42

APRESENTAÇÃO

Atualmente, tem sido uma pauta relevante na mídia o meio ambiente, onde eventos internacionais como a 21ª Conferência das Partes Internacional (COP) em Paris que teve seu término em dezembro de 2015 pressionam governos a tomar atitudes, que diminuam os impactos ambientais da produção fabril, melhor aproveitando recursos naturais e tratando resíduos de forma eficiente.

As Estações de tratamento de água (ETA) são unidades industriais usadas para tratamento e adequação de água para as mais variadas funções na sociedade, porém resultado dos processos de tratamento das ETA, são gerados resíduos geralmente denominado de lodo de estação de tratamento de água (LETA), que se tornam um problema ambiental. O LETA é classificado pela NBR - 10.004 como um resíduo sólido industrial e respeitando a Lei nº. 12.305 deve ser descartado de forma a não agredir o meio ambiente.

A busca de alternativas tecnológicas para aproveitamento destes resíduos pode trazer benefícios ambientais e econômicos à sociedade. A reciclagem secundária, ou seja, reciclagem do resíduo em outro processo produtivo pode diminuir o problema de superlotação dos aterros sanitários e indústrias no país (Carvalho, 2005). Assim utilização do lodo como aditivo de outros processos industriais vem sendo discutido para diminuir o impacto do tratamento de água.

Buscou-se com este trabalho avaliar a incorporação de LETA em corpos cimentícios para produção de tijolo solo-cimento, comumente chamado de tijolo ecológico. Para tal, foi realizada uma pesquisa no IFFluminense – Campus Macaé e baseando-se nos métodos descritivo-exploratório, com combinação de aspectos qualitativos e quantitativos, pesquisa bibliográfica e documental, por bibliometria.

Esta dissertação é composta de dois artigos de comunicação científica, conforme normalização do Programa de Pós-Graduação em Engenharia ambiental do IFFluminense. No primeiro artigo com o título “Estudo de viabilidade para produção de tijolos ecológicos com resíduos de estação de tratamento de água” e o segundo artigo “Produção de tijolos ecológicos com resíduos de estação de tratamento de água”.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

ESTUDO DE VIABILIDADE PARA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COM RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

FEASIBILITY STUDY FOR THE PRODUCTION OF ECOLOGICAL BRICKS WITH WATER TREATMENT WASTE RESIDUES

Rafael da Silva Cordeiro - IFFluminense/PPEA

José Augusto Ferreira da Silva - IFFluminense/PPEA

RESUMO

Os Aterros Sanitários são a forma de disposição final mais conhecida mundialmente, mas com a urbanização e aceleração do consumismo, tem visto sua “vida útil” acabar antes do previsto. A produção de lixo tem aumentando com o passar do tempo, cada vez mais embalagens são utilizadas e descartadas no ambiente. A indústria, um dos maiores consumidores de recursos naturais, também gera resíduos que quando não reaproveitados acabam sendo destinados aos aterros, o que só agrava o problema. Paralelamente a isso com a crescente contaminação dos recursos hídricos, para a disponibilização do mesmo para a sociedade tem sido usado tratamentos com aditivos agressivos e reações complexas, o que também gera resíduo em grande quantidade. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a viabilidade da produção de tijolos ecológicos com resíduos de estação de tratamento de água, dentro do contexto leal e social da atualizada. A pesquisa foi realizada no IFFluminense – Campus Macaé e baseou-se no método exploratório combinando aspectos das pesquisas qualitativas e quantitativas, pesquisa bibliográfica e documental. Espera-se chegar a uma revisão de conteúdo que aborde os principais temas e justificativas do projeto.

Palavras chave: Lodo, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Sanitary landfills are the most well-known form of disposal in the world, but with the urbanization and acceleration of consumerism, it has seen its "useful life" come to an end sooner than expected. The production of garbage has increased with the passage of time, more and more containers are used and discarded in the environment. Industry, one of the biggest consumers of natural resources, also generates waste that, when not recycled, is destined for landfills, which only exacerbates the problem. Parallel to this, with increasing contamination of water resources, to the availability of the same to society has been used treatments with aggressive additives and complex reactions, which also generates waste in large quantity. In view of this, this research aims to evaluate the viability of the production of ecological bricks with waste water treatment plant, within the social and fair context of the updated one. The research is carried out at IFFluminense - Campus Macaé and is based on the exploratory method combining aspects of qualitative and quantitative research, bibliographic research and documentary. It is expected to arrive at a content review that addresses the main themes and justifications of the project.

Keywords: *Sludge, Solid Waste, Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

O uso racional e sustentável dos recursos naturais preconiza a busca da mitigação dos impactos ambientais na produção fabril, ratificada de forma positiva por eventos internacionais como a 21ª Conferência das Partes Internacional (COP) em Paris que teve seu término em dezembro/2015 e pela Política Nacional de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que institui os prazos para desativação dos antigos lixões e a responsabilidade compartilhada de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes pelos produtos colocados no mercado, o que vem promovendo discussões para aperfeiçoamento da produção industrial, que permeiam o melhor aproveitamento da matéria-prima utilizada e a constante procura de materiais e técnicas que minimizem a crescente escassez dos recursos naturais.

Outro ponto é o efeito da demanda da geração recente, que prioriza o consumo de produtos sustentáveis, o que desafia as empresas a inovar em relação aos impactos de suas operações e suas

respectivas atividades sobre as pessoas e o planeta, buscando por escolhas produtivas que levam em consideração as questões sociais e ambientais, confluência as econômicas e políticas já existentes.

Foi a partir da necessidade de uma reinvenção dos modelos de produção existente, para atender ao novo panorama sociopolítico no mundo que os primeiros conceitos que se tornaram o desenvolvimento sustentável, foram se evidenciando. Atualmente a visão de “pura busca monetária” mudou e a gestão de pessoas, assim como a reconstrução da sociedade e o meio ambiente, passou a ser parte dos novos valores organizacionais (ZAMBON, RICO, 2009).

O conceito de desenvolvimento sustentável surge propondo um novo paradigma ético e holístico das atividades e relações do homem e a natureza. Sendo amplo em sua área de atuação, a sociedade, os indivíduos, os governos, e os setores empresariais tem suas parcelas de deveres para manter o equilíbrio sustentável do planeta. As empresas que aplicam uma produção mais limpa geram economias dos mais diversos recursos utilizados em seus processos produtivos, gerando benefícios para a gestão corporativa, sejam eles em função da economia na utilização de matéria-prima, energia e ou até mesmo no retorno econômico da venda de resíduos de seus processos, que em outras empresas são utilizados como insumos, além da promoção “verde” a marca.

Quando uma empresa tem histórico de boas práticas socioambientais, ela tem vantagens financeiras promovidas por políticas governamentais de incentivo, como maior disponibilidade de recursos, a taxas menores que as cobradas no mercado, e acesso a linhas especiais do Banco Mundial, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e de outros bancos públicos. Este fato se torna ainda mais significativo quando a empresa é de pequeno e médio porte, nestas classificações normalmente há dificuldade de captação de investimentos e manter capital de giro constante. Os papéis das empresas bem avaliadas também costumam ter um bom rendimento e são estáveis, mesmo em época de crise.

Muitas das vezes a linguagem acadêmica acaba sendo complexa para o entendimento empresarial, o que limita a identificação de novas oportunidades de negócios, com ética e sustentabilidade. Um processo hoje que se mantém convencional e sem inovações recentes é o tratamento de água nas estações, que geram um lodo que atualmente não é visto como um insumo e acaba sendo destinado para aterros sanitários quando não erroneamente lançados em corpos hídricos. O lodo poderia ser melhor empregado, tornando-se parte de uma prática que tenham impacto positivo na comunidade empresarial ao mesmo tempo que favoreçam o desenvolvimento do resto da sociedade, mantendo o ciclo ambiental por consequência.

Baseado nessas premissas avaliou-se a existência de fatores favoráveis a produção de tijolos ecológicos com resíduos de estação de tratamento de água, no Instituto Federal Fluminense do município de Macaé. Para atender tal proposta foi realizado uma pesquisa de legislação associada a proposta ambientalmente sustentável dos resíduos sólidos, de forma a convergir com a linguagem empresarial e social nacional.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Gestão Ambiental e Sustentabilidade

O Meio Ambiente tem sido impactado por ações antrópicas intensas no decorrer da história. O homem sempre utilizou os recursos naturais para sua sobrevivência, porém com o aumento populacionais e forte desenvolvimento industrial ocorrido nos últimos anos, os reflexos destas ações tornaram-se mais evidentes e sérios. Como exemplo Braga (2007) cita o comprometimento do ar e da saúde humana em Los Angeles, nos Estados Unidos da América (EUA), e Londres, na Inglaterra, além das transformações de rios em verdadeiros esgotos a céu aberto que ocorre no Sena, na França, Reno, na Alemanha, e o Tietê, no Brasil, o que por consequência reduz a fertilidade do solo e aumenta as áreas desérticas.

Antes do século XX, a compreensão da sociedade e a natureza era vista de forma não relacionada, como polos excludentes, tendo como subjacentes a concepção de uma natureza objeto e ilimitada, desenvolvendo-se assim práticas industriais onde os ganhos e acumulações se realizavam através da exploração intensa dos recursos naturais, sem levar em conta os efeitos a natureza e ao próprio homem. O desenvolvimento significava dominar a natureza e o crescimento econômico era ilimitado, apenas nos meados da década de 60 para 70 que se percebeu que os recursos naturais não eram ilimitados e a situação relevaria ser insustentáveis (CUNHA, GUERRA, 2003).

A discussão sobre a degradação ambiental por ações humanas levou a ONU (Organização das Nações Unidas) a organizar, a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano de Estocolmo, de 5 a 16 junho de 1972, tendo considerado a necessidade de uma visão comum e de princípios comuns para inspirar e guiar os povos do mundo na preservação e melhoria do meio ambiente.

Um ponto foi atingido na história em que devemos moldar nossas ações em todo o mundo com um atendimento mais prudente para as suas consequências ambientais. Por ignorância ou indiferença podemos causar danos maciços e irreversíveis ao ambiente terrestre sobre o qual a nossa vida e o bem-estar dependem. Por outro lado, através de um conhecimento mais

aprofundado e de ação mais sábio, nós podemos conseguir para nós mesmos e nossa posteridade uma vida melhor em um ambiente mais de acordo com as necessidades e as esperanças humanas (ONU, 1972).

Tal evento influenciou diversas legislações e iniciativas pelo mundo, a busca por puro crescimento econômico começou a dar lugar a priorização do processo de desenvolvimento, seria uma decorrência natural do crescimento econômico em razão do que se chama de "efeito cascata" (SACHS, 2004, p. 26). Tornando-se uma gestão mundial focada em desenvolvimento, onde Furtado (1984) o descreve como:

Desenvolvimento é a de um processo criativo, de invenção da História pelos homens, em contraste com o quadro mimético e repetitivo de que são prisioneiras as sociedades dependentes. Em nossa civilização, o processo de desenvolvimento se faz com crescente ampliação da base material da cultura e também com enriquecimento do horizonte de expectativas do ser humano. Desenvolver-se é ascender na escala de realização das potencialidades dos homens como indivíduos e como coletividade (p. 63).

O desenvolvimento daria lugar para o “ecodesenvolvimento”, que por sua vez começou a ser chamado de desenvolvimento sustentável, para evitar possíveis similaridades entre os termos. Tarrega (2007) defende que:

O desenvolvimento sustentável engloba mais que crescimento econômico e proteção ambiental, ele é calcado também na ideia de equidade social e bem-estar, que constitui o seu terceiro pilar. Já foi reconhecido que tanto a pobreza como a riqueza extrema pressionam o meio ambiente. Portanto, ao se falar em desenvolvimento sustentável, deve-se considerar também o desenvolvimento social, afinal, é plenamente possível que o crescimento econômico coexista com a pobreza disseminada. Ademais, com o desenvolvimento social as pressões sobre o meio ambiente diminuem, na medida em que o uso sustentável dos recursos naturais auxilia a realização da equidade social. (p. 21)

Entretanto, foi Sachs (1993) que trabalhou esse conceito de desenvolvimento sustentável de forma a torná-lo mais objetivo e exequível para os programas políticos e empresariais, onde o desenvolvimento sustentável tornou-se o resultado do equilíbrio de cinco dimensões de sustentabilidade: ecológica, social, econômica, cultural e geográfica ou espacial, onde o autor as descreve como:

Sustentabilidade social - promover uma sociedade com maior equidade na distribuição de renda, garantindo direitos e condições de uma vida digna a população, diminuindo a distância entre ricos e pobres.

Sustentabilidade econômica - viabilizar uma alocação e gestão de recursos mais eficientes e um fluxo regular do investimento público e privado.

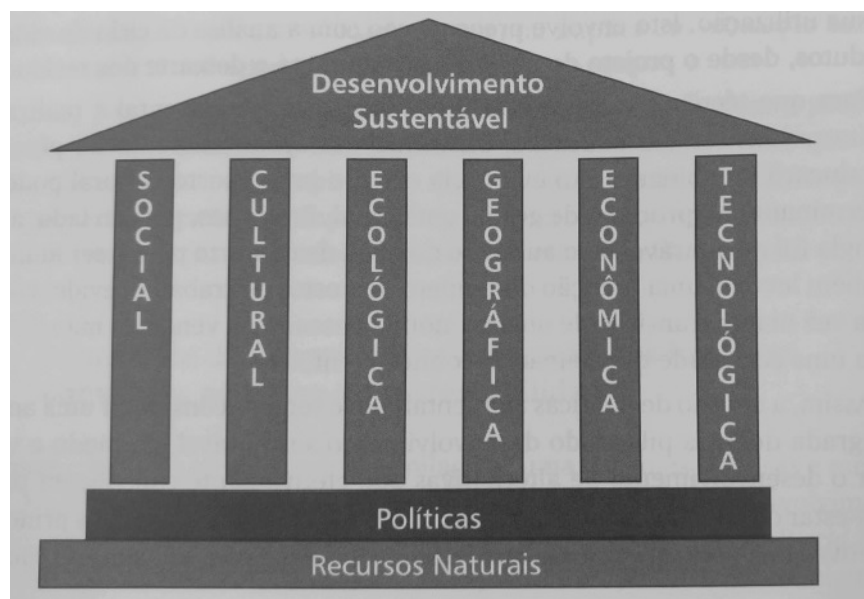
Sustentabilidade ecológica - desenvolver os seguintes mecanismos: - intensificação do uso dos recursos potenciais dos vários ecossistemas, com o menor prejuízo aos sistemas de sustentação da vida, para propósitos socialmente válidos; - utilização de recursos renováveis e/ou abundantes e ambientalmente inofensivos, limitando o consumo de recursos facilmente esgotáveis; - redução de resíduos e de poluição, conservando e reciclando energia e recursos; - autolimitação do consumo material pelos países ricos e camadas sociais mais abastadas espalhadas pelo mundo; - intensificação de pesquisas que busquem tecnologias limpas; - definição de normas para uma correta proteção ambiental.

Sustentabilidade espacial - programas voltados para o equilíbrio de áreas rurais e urbanas, além de uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas.

Sustentabilidade cultural - promover o conceito do desenvolvimento sustentável, buscando soluções particulares, que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada lugar.

A partir das dimensões de Sachs (1993) e a união com a tecnológica, uma vez que o pressuposto tecnológico contribui a adaptabilidade dos processos produtivos a o contexto em que interagir, além de considerar fatores que promovam uma base para os pressupostos, estes seriam as políticas e os recursos naturais, considerados como fundamentais para a criação de políticas associadas a sustentabilidade, onde diferença entre a situação-problema e a situação almejada sempre passará pela criação e implantação de políticas públicas compatíveis, que permitirão o uso adequado dos recursos naturais interagindo com a sustentabilidade, chegando assim num equilíbrio dinâmico (Figura 01) que mantem o desenvolvimento sustentável (SEIFFERT, 2007).

Figura 01 – Equilíbrio dinâmico do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Seiffert, 2007

As estratégias e políticas de desenvolvimento são fortemente discutidas na gestão para que o padrão de produção e consumo esteja no processo de decisão, havendo uma tendência a consolidar-se no espaço das cidades, local onde as alterações antrópicas são mais visíveis (FERREIRA, 1998). Cada país deve trabalhar com atenção as políticas que envolvem seus recursos naturais de forma a respeitar o equilíbrio de todo o processo que leva ao desenvolvimento sustentável.

De acordo com Florence (2009), a adoção de uma postura compatível com a sustentabilidade tem impactos positivos na imagem da empresa junto ao mercado consumidor, cuja conscientização acerca da importância da preservação do meio ambiente tem aumentado rapidamente, e que

consequentemente tem levado o público a exigir cada vez mais das empresas, comprovações de que adotam práticas sustentáveis. A postura que as empresas apresentam para a sociedade influenciam no sucesso no mercado. Atualmente os consumidores procuram empresas proativas nas ações ambientais e isso exige das empresas uma gestão ambiental participativa e livre dos paradigmas das filosofias do crescimento econômico puro. Sobre a relação da postura organizacional contemporânea e os paradigmas antigos Seiffert evidencia no quadro 01:

Quadro 01 – Empresas em relação a paradigmas e posturas quanto à questão ambiental.

<i>Estágios</i>	<i>Paradigma</i>	<i>Consequências</i>
<i>Passivo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Não cumpre a regulamentação ambiental aplicável. • Considera que questões ambientais reduzem o lucro do empreendimento. • Não realiza investimentos para controlar seus aspectos ambientais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Torna-se alvo permanente da fiscalização. • Está sujeita a multas e penalidade legais. • Apresenta conflitos com as partes interessadas. • Grande potencial de perda de mercado. • Seu “mau comportamento” pode ser explorado pelos concorrentes. • Baixa atratividade a investidores e financiadores. • Elevado potencial de aquisição de passivos legais (civil, trabalhista). • Elevado potencial de aquisição de passivos ambientais. • Riscos de acidentes com graves consequências econômicas e financeiras.
<i>Reativo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Busca cumprir a lei quando exigido pela fiscalização ambiental. • Tenta postergar ao máximo os investimentos em controle ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Está sujeita a multas e penalidades legais. • Baixo potencial de exposição legal. • Maior exposição aos concorrentes. • Potencial de perda de mercado. • Menos potencial de aquisição de passivos legais (civil, trabalhista). • Menor potencial de aquisição de passivos ambientais. • Menos risco de acidentes com graves consequências econômicas e financeiras.
<i>Proativo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sabe que é melhor e mais barato “fazer direito desde o início para não ter que consertar depois”. • Gerencia riscos, identifica inadimplências legais e as corrige. • Possui um sistema de Gestão Ambiental integrado às funções corporativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionamento de parceira com o órgão ambiental. • Gerenciamento dos riscos ambientais. • Poucas chances para multas e penalidades. • Racionalização dos investimentos, resultados em maior lucratividade. • Melhores resultados operacionais (conservação de matérias e energia). • Maior aceitação de seus produtos pelo mercado (credibilidade). • Ampliação de sua participação no mercado. • Maior satisfação dos empregados. • Atrai investidores e acionistas. • Acesso a financiamentos favorecidos. • Seguros patrimoniais a preço reduzido.

Fonte: Seiffert, 2007.

O Quadro 01 apresenta como estágios a postura que as empresas podem demonstrar, a ideia de estágio remete a um processo de evolução ou caminho. A visão de desenvolvimento sustentável possui afinidade com o estágio proativo, que incentiva ações com ganhos multilaterais.

Suponha uma indústria siderúrgica nos EUA altamente poluidora e uma planta de papel celulose no Brasil também poluidora. Ambas inicialmente têm o direito de emitir a quantidade de gás do efeito estufa (GEE) na atmosfera, uma vez que não existem direitos de propriedade sobre o ar. Em um determinado momento do tempo, diante das ameaças ao aquecimento global, os países fecham um acordo global para redução das emissões de GEE em 5% só que apenas os países desenvolvidos têm compromissos de redução. A planta brasileira de papel e celulose tem um custo de redução de \$25 por tonelada de CO₂ e, só que ela não é obrigada legalmente a reduzir as suas emissões, ou seja, ela tem o direito de poluir. Por outro lado, a indústria siderúrgica americana, que possui obrigações legais da redução, tem um custo de redução de \$100 por tonelada. No exemplo analisado, o uso eficiente dos recursos supõe que a planta brasileira reduza as suas emissões - por exemplo, substituindo sua usina termoeletrica movida a óleo combustível por uma pequena central hidrelétrica - e venda às toneladas de CO₂ e reduzidas a indústria americanas por um preço maior que de que \$25 e menor do que \$100 a tonelada (CONEJERO, NEVES, 2007).

Através do citado acima, se verifica que pode se ter múltiplos beneficiários do planejamento sustentável, onde podemos exemplificar alguns:

- O país industrializado que atendeu sua meta de redução com um custo menor e país não industrializado que atualizou seu processo e geração de recursos que foram obtidos pela venda;
- O ganho em Marketing ecológico as marcas associadas às duas indústrias;
- O planeta em geral pela redução dos GEE.

2.2. Os Resíduos Sólidos

Um problema grave resultado do aumento populacional e da ocupação urbana acentuada é o igualmente aumento para produção de resíduos sólidos que segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987):

[...] resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável face à melhor tecnologia prática disponível (p.1-2).

Outra definição importante é a trazida na Lei 12305 em seu Art. 3º:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A classificação dos resíduos sólidos é um processo importante para o meio ambiente, pois depende de diversos outros estágios do correto manuseio dos RS, como a decisão dos procedimentos de armazenamento, de tratamento, futuras utilizações ou não, e destinação final, ressalta a NBR 10004:

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem.

As características dos resíduos sólidos são utilizadas no processo de classificação, onde PHILIPPI (2014) cita algumas dessas que são importantes e mais contribuem:

- a. Densidade aparente, medida em unidade da massa por unidade de volume;
- b. Umidade, em porcentagem de massa;
- c. Composição qualitativa, que corresponde à lista está dos materiais e substância de interesse presente nos resíduos;
- d. Composição quantitativa, que corresponde à quantidade percentual dos materiais ou à quantidade massa/massa de substâncias de interesse;
- e. Caracterização química, que corresponde à quantificação dos elementos químicos presentes ou ao comportamento dos resíduos submetido a testes químicos específicos, como lixiviação, solubilização e combustão (pag. 275).

A própria NBR 10004 cita como suporte, tanto para a classificação dos resíduos sólidos quanto para outras providências outros documentos normativos, onde se destacam:

- Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes
- ABNT NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
- ABNT NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
- ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos
- ABNT NBR 12808:1993 – Resíduos de serviço de saúde – Classificação
- ABNT NBR 14598:2000 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado

Quanto a Periculosidade (conforme NBR-10.004):

Classe I – resíduos perigosos: “*Resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade*” (propriedades físicas, químicas e infectocontagiosas acarretam riscos), podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças; e apresentarem efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou destinados de forma inadequada. Exemplos:

- Equipamentos descartados contaminados com óleo;

- Lodos de galvanoplastia ou gerados no tratamento de efluentes líquidos de pintura industrial;
- Lâmpada com vapor de mercúrio após o uso (fluorescentes).

Classe II – resíduos não perigosos

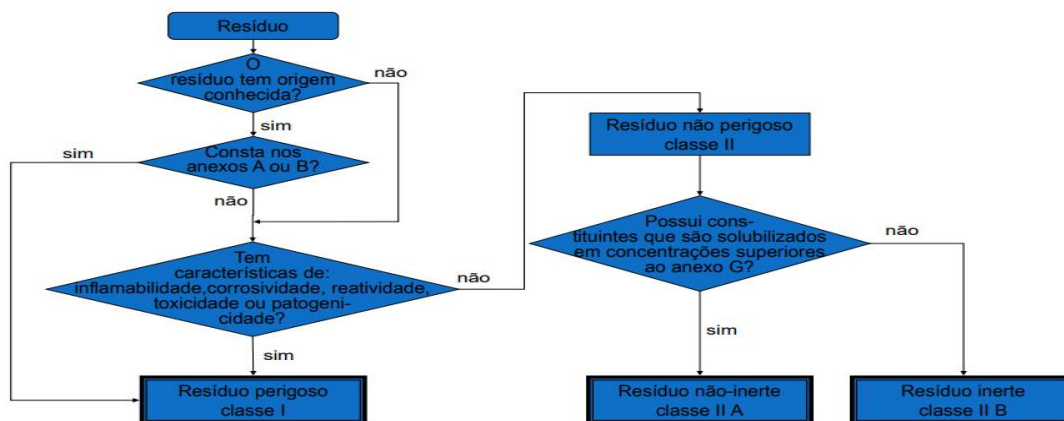
II A: não-inertes: “São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos ou de Classe II B – Inertes. Os resíduos Classe II podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.”

Exemplos: O lixo comum gerado em qualquer unidade industrial (proveniente de restaurantes, escritórios, banheiros etc.) é normalmente classificado como classe II A – não inerte.

II B: inertes: “Resíduo Sólido ou mistura de resíduo sólido que, ao serem submetidos ao teste de solubilidade, proposta na norma NBR-10.006 Solubilização de Resíduos – Procedimento, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. Como exemplo, podemos citar rochas, tijolos, vidros e alguns plásticos e borrachas que não se decompõem prontamente. O resíduo não pode estar contaminado com nenhuma substância dos Anexos C, D ou E da norma e ser testado de acordo com todos os métodos analíticos indicados.”

A própria norma fornece um quadro esquemático (Figura 02) para facilitar a classificação dos resíduos sólidos. O processo de classificação é de suma importância nos dando um panorama sobre quais os principais impactos ambientais que os resíduos podem gerar em seu descarte e determinar qual o correto gerenciamento dos resíduos – coleta, transporte e destinação. O laudo de classificação de resíduos poderá ser o diferencial neste processo, gerando mais opções de destinação, sendo consideradas alternativas mais baratas. A destinação em aterros específicos é bastante mais cara que o uso agrícola, por exemplo e quando for o caso.

Figura 02 – Esquemático de classificação de Resíduos Sólidos



2.3 Brasil e as Políticas de gerenciamento de Resíduos Sólidos

No Brasil, uma das mais antigas leis que fundamentaram e definiram mecanismos e instrumentos de proteção ambiental foi a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, além de constituir o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e instituir o Cadastro de Defesa Ambiental. Tal legislação é anterior à Constituição de 1988, apesar de ter sido prevista nos incisos VI e VII do artigo 23 e no artigo 225 da Carta, em que, neste último, se coloca que *“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*.

Em 8 de junho de 1989, o decreto nº 97.822 instituiu uma das mais importantes ferramentas de monitoramento no país, o Sistema de Monitoramento Ambiental e dos Recursos Naturais por Satélite (SIMARN), o que gerou diversos registros que passariam a ser referências para futuras comparações. Também já existia menção aos crimes ecológicos na Lei 7804/89 e com a intensificação das discussões, o Projeto de Lei do Senado Federal Nº 354/89 começou a ser avaliado, o mesmo dispunha sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde (nº 203, de 1991, na Câmara dos Deputados). Alguns anos depois o Plano Nacional de Resíduo Sólido seria instituído.

2.4 O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Em 1998 foi sancionada a lei de crimes ambientais (Lei nº 9.605/98) que prevê que o ato de causar poluição pelo lançamento de resíduos sólidos em desacordo com leis e regulamentos é crime ambiental. Nos quase 12 anos que se passaram, diversas atualizações e discussões entre os setores envolvidos ocorreram, onde com o consenso dos setores industriais, do governo e dos catadores de materiais recicláveis, foi formada a base para que o PNRS fosse aprovado em junho de 2010 pelo Congresso Nacional e sancionada, pela Presidência da República, na forma da Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.

A instituição do PNRS foi de sua importância para o tratamento dos problemas ambientais existentes no Brasil, o plano dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público, dessa forma, os lixões que se encontram em funcionamento ficaram em desacordo com

claramente com duas leis o nº 12.305/2010 e nº 9.605/98, criando ainda maior pressão na situação socioambiental.

Os princípios da PNRS são apresentados em seu art 6, em linhas gerais, visam garantir uma visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, devem considerar as diversas variáveis da sociedade e as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade, são citados nestes princípios a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; a Responsabilidade Compartilhada, o que faz com que Geradores também tenham responsabilidades na destinação de seus resíduos e a prevenção e a precaução que reflete a metodologia de não geração de resíduos e tem um grande impacto no melhor uso de matéria prima, energia e desenhos de produtos

Outra Lei que auxilia a PNRS é a Lei nº 11.445/2007, que institui como diretrizes para a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: o planejamento, a regulação e fiscalização, a prestação de serviços com regras, a exigência de contratos precedidos de estudo de viabilidade técnica e financeira, definição de regulamento por lei, definição de entidade de regulação, e controle social assegurado Inclui como princípios a universalidade e integralidade na prestação dos serviços, além da interação com outras áreas como recursos hídricos, saúde, meio ambiente e desenvolvimento urbano, uma vez que um dos objetivos da PNRS é conseguindo com a universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira.

Uma definição importante e contemporânea contida na Lei 12.305/2010 é o ciclo de vida do produto, que faz a associação do conceito biológico de ciclo de vida (nascimento, crescimento, maturidade e morte) com as etapas que abarcam o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a destinação final dos resíduos gerados (ARAÚJO; JURAS, 2011).

A busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade que é motivada pela diminuição de custos da gestão ambiental. Os resíduos sólidos não precisam ser classificados como um problema pois quando manejados adequadamente, podem adquirir valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos.

A implantação de um Plano de Gestão trará reflexos positivos para o processo de sustentabilidade pois beneficia os âmbitos social, ambiental e econômico, pois gera um efeito que se propaga por toda sociedade a partir da diminuição o consumo dos recursos naturais, a abertura de

novos mercados, gera trabalho, emprego e renda, conduz à inclusão social e diminui os impactos ambientais provocados pela disposição inadequada dos resíduos (MMA, 2017).

2.5 O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do RJ

Em seu artigo 17, a Lei 12305 estabelece que *“O plano estadual de resíduos sólidos será elaborado para vigência por prazo indeterminado, abrangendo todo o território do Estado, com horizonte de atuação de 20 (vinte) anos e revisões a cada 4 (quatro) anos [...]”*, perante isso o estado do Rio de Janeiro, instituiu a Lei n 4191/2003 para a construção do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PERS/RJ) do estado, que foi regulamentada pelo Decreto n 41.084/2007. Resultado em um conjunto de metas, orientações e instrumentos que devem auxiliar os gestores públicos, estaduais e municipais, na tomada de decisão e na formulação de programas e ações relativos à gestão e ao manejo de resíduos sólidos estaduais.

O PERS/RJ possui uma serie de orientação que levam em conta as características políticas e de gestão ambiental do estado, uma delas está no Art. 7º, *“as atividades geradoras de quaisquer tipos de resíduos sólidos ficam obrigadas a cadastrarem-se junto ao órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental, para fins de controle e inventário dos resíduos sólidos gerados no Estado do Rio de Janeiro”*. Este tipo de registro estreita o controle do estado com as empresas poluidoras e facilita à cobrança em caso de não cumprimento da lei, outra questão a ser observada é a responsabilização do poluidor que é explicado no Art. 9º, dissertando o apontamento de quem é sobre a responsabilidade pela execução de medidas para prevenir e/ou corrigir a poluição e/ou contaminação do meio ambiente decorrente de derramamento, vazamento, lançamento e/ou disposição inadequada de resíduos sólidos é:

- I – da atividade geradora dos resíduos, quando a poluição e/ou contaminação originar-se ou ocorrer em suas instalações ou em locais onde os resíduos foram acondicionados ou destinados pela geradora;
- II – da atividade geradora de resíduos e da atividade transportadora, solidariamente, quando a poluição e/ou contaminação originar-se ou ocorrer durante o transporte;
- III – da atividade geradora dos resíduos e da atividade executora de acondicionamento, de tratamento e/ou de disposição final dos resíduos, solidariamente, quando a poluição e/ou contaminação ocorrer no local de acondicionamento, de tratamento e/ou de disposição final (Art.9).

2.6 Tratamento e Destinação dos resíduos sólidos

Antes do processo de encaminhamento para destino final, muitas das vezes, os resíduos sólidos passam por um sistema de tratamento, tanto por exigência legal quanto para facilitar seu transporte,

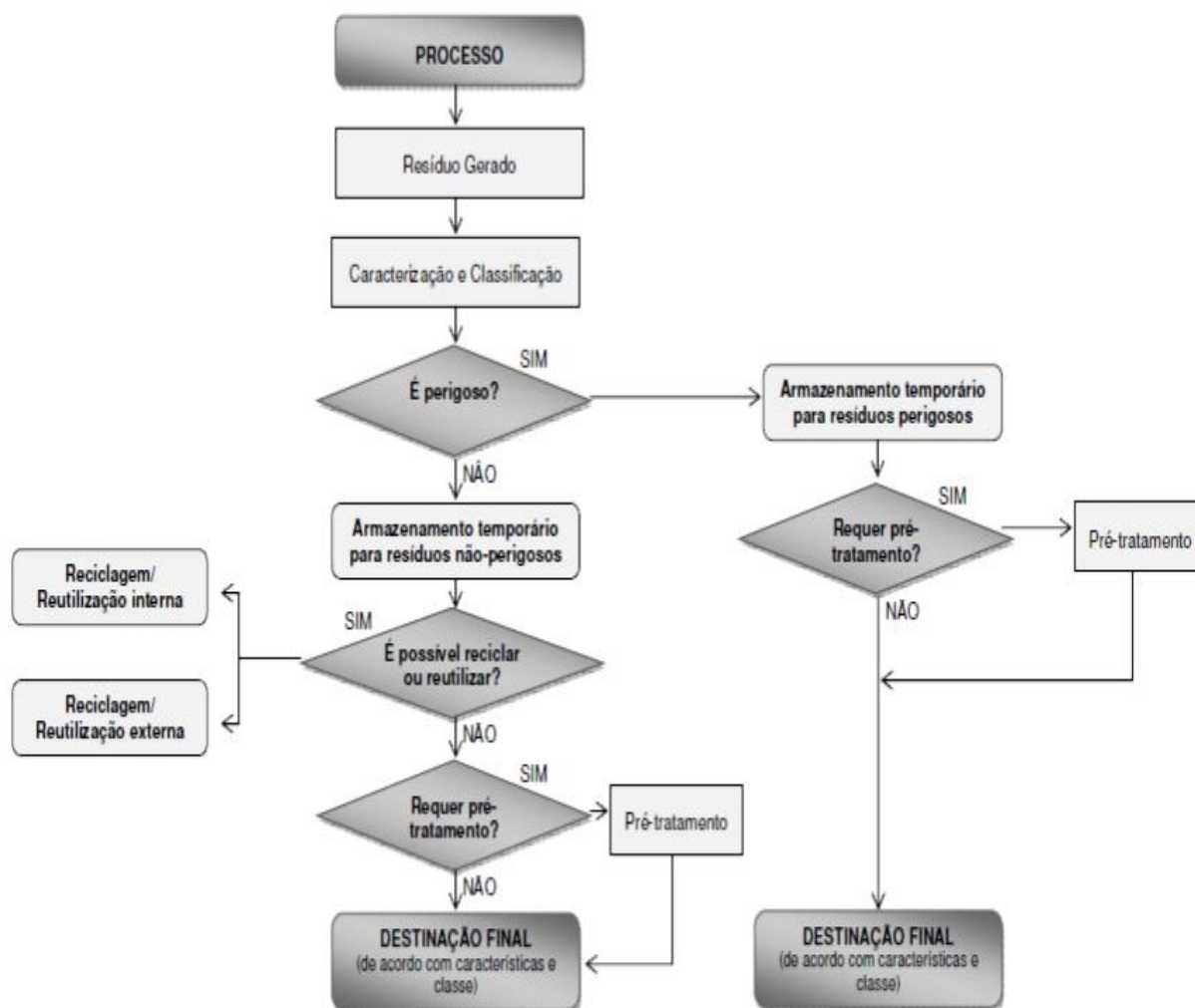
onde até o processo de tratamento já habilite o resíduo a ser descartado de forma segura na natureza sem ocupar aterros. O PERS/RJ em seu Art. 3º comenta sobre o acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos e em seu § 1º proíbe expressamente as seguintes atitudes e ações por promoverem malefícios ou inconvenientes à saúde, ao bem-estar público e ao Meio Ambiente:

- I – o lançamento e disposição a céu aberto;
- II – a queima ao ar livre ou em instalações, caldeiras ou fornos não-licenciados pelo órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental para essa finalidade;
- III – o lançamento ou disposição em mananciais e em suas áreas de drenagem, cursos d'água, lagoas, praias, áreas de várzea, terrenos baldios, cavidades subterrâneas, poços e cacimbas, mesmo que abandonadas em áreas de preservação permanente em áreas de preservação permanente e em áreas sujeitas a inundação num prazo menor que 100 anos;
- IV – o lançamento em sistemas de drenagem de águas pluviais, de esgotos, de eletricidade, de telefone, bueiros e assemelhados (Art. 3).

Segundo PHILLIPI (2005) são exemplos de tratamentos: a reciclagem interna e externa, tratamento físico-químico, incineração, Coprocessamento, Encapsulamento e Lanffarming.

- **Reciclagem interna:** reaproveitamento dos materiais no mesmo processo que o gerou;
- **Reciclagem externa:** reaproveitamento dos materiais num processo de outra unidade industrial;
- **Tratamento físico-químico:** redução de corrosividade, toxicidade ou característica oxidantes por meio de reação química; redução de umidade por meio de secagem;
- **Encapsulamento:** O processo de solidificação, também conhecido como estabilização, fixação ou encapsulamento, consiste na imobilização de resíduos perigosos transformando os em materiais menos poluentes através da adição de compostos aglomerantes ou processos físicos, que alteram sua solubilidade e/ou mobilidade e/ou toxidez (TOCCHETTO, 2007).
- **Incineração:** queima a alta temperatura, em fornos especiais, dotados de proteção contra poluição atmosférica por gases e material particulado. A tecnologia de resfriamento dos gases deve minimizar a geração de dioxinas. Aplica-se a resíduos orgânicos e organoclorados, mas é inadequada para resíduos com metais pesados ou frações minerais muito altas;
- **Coprocessamento:** aproveitamento dos resíduos como combustíveis, em geral em fornos de cliquer (fabricas de cimento) ou fornos de cal. Adequado para resíduos com poder calorifico e isento de cloro e flúor (que poderiam atacar as paredes dos fornos), com teores de metais pesados não muito altos, e que tenham fração mineral que possa ser absorvida pela cal ou pelo cimento;
- **Landfarming:** é considerado um método de biorremediação, que consiste na aplicação controlada do resíduo na superfície ou interior horizontal do solo onde sofrerá ações de intensa atividade microbiana, o que causa degradação dos contaminantes (BRASIL, 2004). Este processo tem como exemplo principal tratamento de resíduos e derivados petroquímicos, porém possui capacidade de atuar em outros processos.

Figura 03 – Fluxograma de Gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: MAROUN, 2006

A destinação final dos resíduos industriais é uma fase crítica da gestão ambiental, não adiantando todo o controle interno e com órgãos responsáveis prévios se na hora do transporte ocorre a relocação deste material em áreas que causem dano ambiental ou áreas protegidas. Segundo Phillipi (2014):

Muitos dos problemas de passivo ambiental enfrentados por empresas, atualmente, devem-se à disposição inadequada de resíduos. Como a legislação brasileira estabelece que o responsável pela correta destinação é o gerador, as empresas não podem simplesmente contratar um terceiro para cuidar de seus resíduos, mas precisam verificar de perto, por meio de inspeções ou auditorias, os procedimentos e gerenciamentos de seus contratados (pág. 298).

Os contratados também são responsáveis pela correta destinação, devem ter força de trabalho comprovadamente capacitada e registros em órgãos cabíveis atualizado. As indústrias ao utilizar recursos naturais devem estar preparadas para a gestão e monitoramento, por exemplo, o consumo de

água por uma indústria gera uma série de cuidados e autorizações para sua retirada da natureza e futuro retorno, este recurso é o mais usado e demandado pelos processos industriais, sendo um recurso quase insubstituível e certamente valioso para a sociedade.

Como destinos finais para mais comuns que respeitam as premissas básicas de acondicionamento dos resíduos sólidos temos: o Aterro controlado: forma mais simples onde ocorre a cobertura do lixo com terra e proibida a entrada de pessoas não autorizadas. Essa prática não é tão eficiente quanto o aterro sanitário, no entanto foi um avanço para a desativação dos antigos lixões (EMBRAPA, 2004); e o Aterro sanitário: processo pelo qual os resíduos são aterrados em um terreno devidamente preparado para essa finalidade. O solo deve ser protegido por uma manta isolante; dutos captadores de gases e um sistema de captação do chorume (líquido que sai do lixo) devem ser instalados. As camadas de lixo devem ser compactadas e cobertas com terra (EMBRAPA, 2004).

2.7 Tratamento de água e a geração de lodos

A água, além de ser essencial para a manutenção da vida, tem participação em larga escala em diversos aspectos da civilização humana, indo desde o desenvolvimento agrícola, produção industrial, geração de energia elétrica, navegação até aos valores culturais e religiosos da sociedade. Na indústria a água tem função diversificada sendo, por exemplo, para a fabricação de seus produtos: lavagem de matérias-primas, caldeiras para a produção de vapor, refrigeração de equipamentos, lavagem nas áreas de produção, composição dos produtos, reações químicas, higiene dos funcionários e combate a incêndios, entre outros. Em termos percentuais, países de alta renda têm no uso industrial o percentual de até 60% de toda a água utilizada (PHILLIPI, 2014).

Pela diversidade de uso da água nos processos não existe um requisito de qualidade da água que seja universal para as industriais, pois cada indústria possui requisitos particulares Braga (2012), o que acaba gerando variação nas demandas e no tratamento de água. Se formos observar fatores logísticos e econômicos, percebe-se que a pura existência de água não possibilita a disponibilidade para a indústria, a própria classificação da água já limita o uso e tornar uma água não adequada para uma própria requer muita das vezes um tratamento com altos custos.

Sendo a água para uso nos equipamentos e unidades da indústria, geralmente para aumentar a vida útil e facilitar e reduzir manutenção, um processo de tratamento da água é implantado. Quando necessário para consumo humano deve-se atentar para diversas normas de qualidade, por exemplo, O Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução nº 357 (BRASIL, 2005), classificou

as águas doces, salobras e salinas no Brasil segundo seus usos, estabelecendo o tipo de tratamento necessário para as águas destinadas ao abastecimento público, conforme mostrado no Quadro 02.

Quadro 02 - Tratamento requerido para as águas destinadas ao abastecimento público.

CLASSIFICAÇÃO	DESTINAÇÃO	TRATAMENTO
CLASSE ESPECIAL	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento específico;</p> <p>b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,</p> <p>c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</p>	Desinfecção
CLASSE 1	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento específico;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e</p> <p>e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</p>	Tratamento simplificado
CLASSE 2	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento específico;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e</p> <p>e) à aquicultura e à atividade de pesca.</p>	Tratamento convencional

CLASSE 3

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou tratamento específico;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

CLASSE 4

- a) à navegação; e
 - b) à harmonia paisagística.
- Não apontada para abastecimento para consumo humano

Fonte: Resolução 357/2005. Adaptado pelo autor, 2017.

Contudo para o seu uso de forma eficaz e com garantia de não danoso deve passar por um processo de tratamento, constituído de instalações e equipamentos destinados a fornecer a água dentro dos indicadores físicos, químicos e biológicos adequados, conforme estabelece portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 que além dos padrões de potabilidade, estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade humana Clarificação. O processo de clarificação de água consiste na manutenção de condições físico-químicas tais, que sólidos suspensos na água são removidos por uma sedimentação, sendo necessário trabalhar em conjunto com as cargas das partículas para se obter um resultado da sedimentação satisfatório. Para clarificar a água é necessário neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão e promover a aglutinação das partículas para aumentar o tamanho (MACEDO, 2007).

Como visto no Quadro 02 a resolução 357 apresenta três principais: o simplificado que a clarificação acontece por meio de filtração e desinfecção e correção de pH; o convencional onde clarificação utiliza coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH, este é o processo mais usado; e o avançado onde são utilizadas técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

O tratamento de água para fins de consumo humano ou nos processos industriais em geral segue um sistema do tipo convencional, ou seja, aquele que gera basicamente dois tipos de resíduo; o lodo retirado na lavagem dos filtros e na limpeza dos decantadores. Os lodos de ETA são classificados como resíduos sólidos pela NBR 10004 (ABNT, 2004a), assim não podem ser lançamento in natura no meio ambiente em cumprimento a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O recurso natural precioso que é a água acaba ficando com elevados custos para as indústrias, custos de transporte, armazenamento e tratamento constantes tem levado as indústrias a avaliar as

possibilidades internas de reuso e externos de reciclagem ou coprocessamento em terceiros, podem até ser um produto que gere renda. Braga (2012) cita sobre a cultura interna das indústrias com essa nova linha de pensamento:

Reuso e conservação devem, também, ser estimulados nas próprias indústrias por meio da adoção de processos industriais e de sistema de lavagem com baixo consumo de água, assim em estações de tratamento de água para abastecimento público, por meio de recuperação e do reuso da água de lavagem de filtros e de decantadores.

Um subproduto muita das vezes ignorado nas plantas de produção são os resíduos das ETAs (Figura 04), que ainda ocupam espaços nos aterros e podendo gerar custos de transporte e de tratamento de adequação, entre outros problemas. Para Richter (2001), o lodo de ETAs tem a composição da água bruta de origem, acrescida de substâncias resultante dos produtos químicos utilizados, principalmente sulfato de alumínio ou de ferro, provenientes do coagulante.

Figura 04 – Exemplo de armazenamento de lodo de ETA – IFFLUMINENSE Polo de Inovação Campos Dos Goytacazes.



Fonte: Autor, 2017.

O produto industrial com alumínio possui um processo de degradação muito mais longo que os dos outros metais e não tão simples como um processo de oxidação natural. Outra característica negativa em relação ao uso deste coagulante é em relação ao lodo proveniente do seu processo de coagulação, floculação e decantação, devido as características do sulfato de alumínio o lodo gerado

não é biodegradável, por isso existe uma problemática a respeito de seu tratamento e disposição final (CARVALHO, 2008).

O Sulfato de alumínio é o principal produto no processo da ETA de Guandu (Figura 05), que abastece cerca de 9 milhões de pessoas nos municípios de Nilópolis, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Belford Roxo, São João de Meriti, Itaguaí, Queimados e a capital do estado Rio de Janeiro, com 43 mil litros de água por segundo se gasta diariamente 140 toneladas do produto.

Figura 05 – Visão aérea da ETA de Guandu



Fonte: CEDAE, 2016.

Assim uma solução promissora, seria utilizar o lodo que já possui características de aglutinação para a produção de produtos de cerâmicos. Outro fator favorecedor é a já instalado parque industrial de tijolos na Região Norte Fluminense, em especial na cidade de Campos dos Goytacazes, logo fabricação de tijolo ecológico (Figura 06) com a adição deste material teria um ambiente propicio logisticamente:

O tijolo ecológico ou de solo-cimento é feito de uma mistura de solo e cimento, que depois são prensados; seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha, o que evita desmatamentos e não polui o ar, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente. Para o assentamento, no lugar de argamassa comum é utilizada uma cola especial (SALA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Método

A pesquisa foi baseada nos métodos empírico e fenomenológico tendo como objetivo de pesquisa uma abordagem exploratória. Para Gil (1999) a pesquisa exploratória tem como objetivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Quanto a natureza da pesquisa foi classificada como quali-quantitativa, adaptando as características de ambas para avaliação do material pesquisado.

As Técnicas de coleta de dados foram Pesquisa Documental, Pesquisa bibliográfica e Triangulação. Sobre a última Yin (2001) relata que a triangulação se fundamenta na lógica de se utilizar várias fontes de evidências. A utilização de várias fontes na coleta de dados é uma necessidade e, ao mesmo tempo, um ponto forte muito importante para estudos de caso, principalmente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil apresenta uma significativa legislação ambiental, sendo constituída por um intenso ordenamento jurídico que é consolidado por suas leis nas diversas esferas políticas, além das leis federais, os estados possuem poder de criar leis que respeitem suas particularidades e este se estende aos municípios. A própria Lei 12305 já cita a obrigação da criação dos planos estaduais para melhor articulação e planejamento das unidades federativas. O estado do Rio de Janeiro, como não podia deixar de ser, possui o seu plano que tem o desafio de gerenciar dos resíduos sólidos em uma das metrópoles nacional, com um parque portuário e petrolífero impar quando comparado com os outros estados.

Considerando adicionalmente que o estado do Rio possui uma das maiores estações de tratamento de água do mundo, a geração de lodo residual esta possui valores igualmente elevados. O tratamento não é um processo simples, pois como visto no Quadro 02 a resolução 357 apresenta três principais: o simplificado que a clarificação acontece por meio de filtração e desinfecção e correção de pH; o convencional onde clarificação utiliza coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH, este é o processo mais usado; e o avançado onde são utilizadas técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica.

Assim, nota-se a relevância de uma mais adequada destinação desta quantidade de lodo, o mesmo possui um grau de elementos que podem ser benéficos a outros processos e o estado já possui as fabricas de tijolos que podem receber tal material. Para isso se faz necessário a pesquisa para compreensão da logística de um projeto deste e dos argumentos a serem agregados ao convencimento dos envolvidos.

O Polo de inovação de Campos dos Goytacazes, possui uma estação de tratamento de água para consumo próprio, onde são atendidos além de banheiros e cozinha, a horta e os projetos que se utilizam de água e estão no local. A produção de lodo úmido se aproxima de 1000 litros por semana, o que pode ser considerada baixa para padrões industriais. A instituição possui laboratório próprio, além de se localizar nas proximidades de outras instituições de ensino superior, tais como UENF e IFFluminense Campus Centro que podem parceiras em pesquisas futuras.

5. CONCLUSÃO

Existe uma real necessidade de uma reflexão mais profunda a respeito dos problemas e dos novos desafios globais, enfrentados pelas sociedades nas últimas décadas. A evolução do conceito de desenvolvimento sustentável acompanhou a mudança de percepção da sociedade e isso ajudou a implementação de políticas e leis para a proteção do meio ambiente e o gerenciamento dos resíduos sólidos. A inclusão da responsabilidade compartilhada foi um importante passo para o controle dos resíduos no país, as indústrias tiveram um incremento na gestão e tomada de decisão interna para destinar seus resíduos de forma correta.

A postura, cobrada pelos consumidores e governos, das empresas se tornou proativa, e a partir desta postura a gestão ambiental empresarial ganhou força na atualidade. Recursos naturais reaproveitados ou não gastos se tornaram fatores de melhoria de imagem institucional. As formas de tratamento dos resíduos sólidos se tornaram mais variada e adaptada ao objeto tratado. A como foi apresentado, manejos como a reciclagem interna e o coprocessamento pode trazer também ganhos econômico para as empresas. Reaproveitar canto de chapas para produzir produtos adaptados ou vender sobrar para outras empresas produtoras, gera renda e um diferencial no mercado cada vez mais globalizado.

O tratamento de água que não é um processo simples e possui uma série de questões a serem analisadas previamente, como: tipo de água bruta, forma de tratamento autorizada, usos autorizados, entre outras. A formação de lodo principalmente no mais utilizado que é o convencional, neste o sulfato

de alumínio entra no processo e não pode sair no produto final, água tratada, assim em forma de lodo ele acaba não sendo comumente reutilizado e é descartado do processo.

O Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes, demonstrou ser local de facilidade logística para a obtenção do lodo, por ser na mesma região e ter uma produção baixa mais constante, porém não aconselhável para produção em massa de tijolos, mas aceitável para um projeto piloto de fabricação de tijolo para averiguação de qualidade e comprovação de hipótese de viabilidade de composição e formação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, Ray. *Confessions of a Radical Industrialist*. New York: St. Martins's Press, 2009.p 13-14.

ARAÚJO, S. M. V. G. de; JURAS, I. Da G. M. Comentários à Lei dos Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (e seu regulamento). São Paulo: Editora Pillares, 2011.

BRAGA, B. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 01 de janeiro de 2017.

BRASIL. Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2010b.

CARVALHO, MARIA J. H. Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável. 2008. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CAVALCANTI, J. E. A década de 90 é dos resíduos sólidos. **Revista Saneamento Ambiental** – nº 54, p. 16-24, nov./dez. 1998. Acesso em 05 jan. 2005.

CEDAE, Folheto Institucional – ETA Guandu. Disponível em: http://www.cedae.com.br/Portals/0/folheto_institucional_guandu.pdf. Acesso em: 01 Julho 2017.

CONEJERO, M. A. NEVES, M. F. Gestão de Créditos de Carbono: Em Estudo Multicasos. Revista de Administração (FEA-USP), 2007, vol. 42, pag. 01.

CUNHA, S. B. DA; GUERRA, A. J. T. (EDS.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

EMBRAPA MEIO-NORTE. Tratamento de resíduos Sólidos. Teresina, 2004. Disponível em <<http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2004/textoresiduos.pdf>>. Acesso em: 6 Maio 2016.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antonio dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão de resíduos sólidos municipais. Caderno Saúde Pública. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Maio/Junho 2001.

FERREIRA, Leila da Costa. A questão ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.

FLORENCE, B. Inovações tecnológicas e a questão ambiental: um estudo empírico; Trabalho de Conclusão de Curso – UNICAMP, 2009;

FURTADO, Celso. Cultura e Desenvolvimento em Épocas de Crise. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.

GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010;

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: 01 Agosto 2016.

LIMIRO, D. **Créditos de Carbono - Protocolo de Quioto e Projetos de MDL**. 2008. ed. Curitiba: Juruá, 2012. 170p.

MACEDO, J. A. B. Águas & Águas. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.

MAROUN, C. A. Manual de Gerenciamento de Resíduos: guia de procedimento passo a passo. 2.ed. Rio de Janeiro: GMA, 2006. 16p.

ONU, Organização das Nações Unidas. **ONU e o Meio Ambiente** - 2014. Disponível em <http://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente>. Acesso em 06 out. 2015.

ONU, Organização das Nações Unidas . Economic and Social Council. <http://www.un.org/esa/documents/ecosoc/cn17/1998/ecn171998-2.htm>

PHILIPPI, A.; ROMÉRO, M. DE A.; BRUNA, G. C. (EDS.). **Curso de gestão ambiental**. 2. ed., atualizada e ampliada ed. Barueri: Manole, 2014.

PHILIPPI JR; A. (ED.). **Saneamento, saúde e ambiente fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

MMA, Ministério do Meio Ambiente; Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

RICHTER, C. A. Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2001.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993.

SACHS, Ignacy. Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SALA, L. G., **Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitários**. 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SAVITZ, Andrew W. *The Triple Bottom Line*. New Jersey: John Wiley and Sons, 2006.p 22.

TÁRREGA, Maria Cristina Vidotte Blanco(org.). Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: RCS Editora, 2007.

TIGRE, P. B; SILVA, A.L; Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil. Ed. Elsevier. 2006.

TOCCHETTO, M. R. L. Curso de Tratamento de Efluentes Líquidos e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais: parte 2 – resíduos sólidos. Cuiabá, 2007. 152p.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAMBON, Bruno Pagotto, RICO, Adriana Sartório (2009) Sustentabilidade Empresarial: Uma Oportunidade Para Novos negócios. Disponível em: http://www.craes.org.br/arquivo/artigoTecnico/Artigos_Sustentabilidade_Empresaria_Uma_oportunidade_para_novos_negciosl.pdf. Acesso em: 01 jul. 2017.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COM RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

PRODUCTION OF ECOLOGICAL BRICKS WITH WATER TREATMENT WASTE RESIDUES

Rafael da Silva Cordeiro - IFFluminense/PPEA

José Augusto Ferreira da Silva - IFFluminense/PPEA

RESUMO

As Estações de tratamento de água (ETA) são unidades industriais usadas para tratamento e adequação de água para as mais variadas funções na sociedade, tais como, consumo humano, fabricação de produtos industriais e manutenção agrícola. Como uma consequência dos processos de tratamento das ETA, são gerados enormes volumes de resíduos geralmente denominado de lodo de estação de tratamento de água (LETA), que acabam, quando direcionados de forma legalmente correta, ocupando espaço nos aterros sanitários e indústrias. A utilização do lodo como aditivo de outros processos industriais vem sendo discutido para diminuir o impacto do tratamento de água. Buscou-se com este trabalho avaliar a incorporação de LETA em corpos cimentícios para produção de tijolo solo-cimento, comumente chamado de tijolo ecológico. Para tal, realizou-se uma pesquisa no IFFluminense – Campus Macaé baseada em métodos descritivo-exploratório, com combinação de aspectos qualitativos e quantitativos, pesquisa bibliográfica e documental, por bibliometria. Foi produzido tijolos com a adição de LETA e testados para verificar atendimento das normativas brasileiras.

Palavras chave: Sustentabilidade, Tijolo Ecológico, Resíduo Industrial.

ABSTRACT

Water treatment plants (ETAs) are industrial units used for water treatment and adaptation to the most varied functions in society, such as human consumption, manufacturing of industrial products and agricultural maintenance. As a consequence of the treatment processes of ETAs, huge volumes of waste are generated, usually termed a water treatment plant sludge (LETA), which, when directed legally correct, takes up space in landfills and industries. The use of sludge as an additive in other industrial processes has been discussed to reduce the impact of water treatment. The aim of this work is to evaluate the incorporation of LETA in cement blocks for the production of soil-cement brick,

commonly called ecological brick. For that, a research is being carried out at IFFluminense - Macaé Campus and is based on descriptive-exploratory methods, with a combination of qualitative and quantitative aspects, bibliographical and documentary research, by bibliometrics. It is expected to produce bricks with the addition of LETA that meet the main Brazilian regulations.

Keywords: *Sustainability, Ecological Brick, Industrial Waste.*

1. INTRODUÇÃO

Para promover o abastecimento de água, faz-se necessária a potabilização das águas naturais. Este processo consiste na adequação da água bruta aos padrões de potabilidade vigentes estabelecidos pela Portaria nº 518/2004. De modo geral, o tratamento de água ocorre pela remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes nas águas (BOTERO, 2009).

Com o aumento da população mundial, e por consequência aumento de demanda de água tratada, a produção lodos de ETAs vem crescendo proporcionalmente, paralelamente legislações ambientais torna-se cada vez mais restritivas, privilegiando a prevenção da poluição em geral. Em ambiente, diversas formas de usos benéficos de lodo têm sido investigadas em substituição aos métodos de disposição convencionais (ZHAO; BABATUNDE, 2007).

A investigação para um melhor destino para o LETA deve ser realizada através de um dimensionamento dos sistemas de tratamento de lodos seja baseada na realização de testes em estações-piloto – ou, no mínimo ensaios em escala de laboratório –, por ao menos um ano, com a água bruta do manancial a ser explorado pela futura ETA, para se averiguar qual será o resultado dos processos de tratamento em termos de produção de lodo (DI BERNARDO, DANTAS 2005).

O estudo foi desenvolvido buscando avaliar os efeitos nas características físicas e mecânicas de tijolo de solo-cimento que recebam traços de substituição parcial do solo, em diferentes proporções, por resíduos de ETA, tendo como base os parâmetros da NBR 10836/1994.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Estação de Tratamento de Água

Para que a água bruta se torne adequada ao consumo humano, é necessário que ela passe por tratamento realizado em Estações de Tratamento de Água (ETA). A maioria das ETAs, no Brasil, é convencional ou de ciclo completo, tendo unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração (FADANELLI, WIECHETECK, 2010).

O resíduo sólido formado pelo processo de tratamento de água, o lodo de ETA é classificado pela NBR 10004 como pertencente à classe II A - não inerte, não apresentando periculosidade. Seu lançamento em corpos d'água quando não autorizado por órgãos ambientais, pode ser considerado crime ambiental, de acordo com o artigo 54 da Lei 9605/98. Mesmo assim, segundo Cordeiro (1993) e Morita et al. (2002) a maioria das ETAs do estado de São Paulo, maior metrópole do país, lança os lodos nos corpos hídricos mais próximos sem tratamento prévio.

2.2. ETA da Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes

A ETA que forneceu o lodo para este estudo foi a que atende o Polo de Inovação, sendo situado à margem direita do Rio Paraíba do Sul, em uma área com 5.764,18 m², no município de Campos dos Goytacazes-RJ, localizada a partir das coordenadas geográficas de latitude de 21°44'22.0" Sul e longitude de 41°12'26.2" Oeste, na BR 356, Km 158, norte estado do Rio de Janeiro.

O processo de tratamento da ETA é acompanhado com laboratório próprio e torna a água captada pelo Rio Paraíba do Sul potável. Como visto na Figura 06 no centro se vê a água bruta do rio na mesma forma que entra no tratamento, a direita a água já tratada e a extrema esquerda o lodo formado.

Figura 06 – Amostras de LETA, água bruta e água tratada (da esquerda para a direita).



Fonte: Autor, 2018

Para se estimar a produção da ETA a Unidade foram feitos recolhimentos de material de fundo do reservatório de lodo entre os meses de abril e maio. Em um ciclo de 30 dias foram recolhidos 20 litros de lodo que foram colocados em uma lata de tinta limpa reciclada e colocada cobertas em estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar, marca Marconi, modelo MA 035/5/10P, para secar (Figura 07), durante o processo foram retirados 11 litros de água superficial que se formava com a decantação do material.

Figura 07 – Amostras de lodo em estufa.



Fonte: Autor, 2018

Após a secagem completa o material foi pesado resultando em 533 gramas de lodo seco (Figura 08).

Figura 08 – Pesagem de lodo seco



Fonte: Autor, 2018

2.3. Os Tijolos Solo-Cimento (Ecológicos)

Os tijolos de solo-cimento podem ser um destino satisfatório para o LETA, uma vez que são largamente utilizados como solução na alvenaria (Figura 09), e depois de um pequeno tempo de cura atinge a resistência necessária, resistência essa que aumenta conforme se adiciona ao teor de cimento na mistura. Esses blocos são feitos com prensas manuais ou hidráulicas, e não necessitam de mão de obra especializada (Buriol, 2002).

Figura 09 – Exemplos de formatos e modelos de tijolos



Fonte: <http://vimaqpressas.com.br/>

Segundo Ferraz et. al (2000) a utilização do solo para construção civil pode ser tanto na forma em que ele é encontrado ou, após correção de algumas propriedades. O uso de tijolos de solo-cimento produzidos por meio de prensas manuais apresenta vantagens em relação ao sistema convencional, entre as quais estão controle de perdas, disponibilidade de abastecimento, baixo custo, durabilidade e segurança estrutural, economia de transporte, quando produzido no próprio local da obra, e baixa agressividade ao meio ambiente, pois dispensa a queima (GRANDE, 2003).

Figura 10 – Tijolos Ecológicos e suas multifuncionalidades



Fonte: <https://tijolointeligente.cristalgloss.com/2018/03/18/respeito-porque-construir-da-proxima-vez-com-smartbrick/>

Além de grande resistência, outra vantagem do tijolo solo-cimento é o seu excelente aspecto. Ao passar pelo período de cura, que em média dura as duas primeiras semanas, o tijolo garante resistência à compressão simples similar à dos tijolos maciços e blocos cerâmicos, sendo a resistência tanto mais elevada quanto maior for à quantidade de cimento empregada; esta, no entanto, deve ser limitada a um teor ótimo que confira ao material curado a necessária qualidade, sem aumento do custo de fabricação (FUNTAC, 1999).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

No estudo de caso em questão, foram utilizados os materiais e equipamentos abaixo:

- Solo;
- Cimento PORTLAND tipo CP III-40RS;
- Prensa Manual com formas de tijolo;
- Latas de tinta reciclada de 18 litros;
- Balança;
- Equipamento para ensaio de compressão;
- Formas de metal para secar solo;
- Estufa com controle de temperatura.

3.2. Método

A pesquisa foi baseada nos métodos descritivo-exploratório, com combinação de aspectos qualitativos e quantitativos, pesquisa bibliográfica e documental, por bibliometria.

Foi escolhida para este estudo o banco de dados Scopus®, pois possui ferramentas e filtros úteis e de fácil utilização, além de ser a maior base de dados de publicações científicas, que reúne mais de 65 milhões de registros e mais de 22 mil periódicos (ELSEVIER, 2016a). Na base foram utilizados termos chaves em inglês: Brick, block ecological e seus tesouros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pré-tratamento e Caracterização dos Materiais

Para a confecção dos tijolos foi utilizado solo sobressalente da obra da nova cisterna do local do IFFluminense - Campus Macaé. A amostra de solo foi peneirada e destorroada (Figura 11) para facilitar a mistura e compressão. Após esses processos foram submetidas a estufa por 24 horas para eliminação de matéria orgânica.

Figura 11 – Amostras de solo antes e depois de tratamento



Fonte: Autor, 2018

A água utilizada foi obtida da decantação do LETA após observação da facilidade de separação das fases. Após repouso de 5 minutos o LETA já apresentou fases distintas (Figura 12), o mesmo ocorre no reservatório de lodo que durante o acompanhamento realizado apresentou separação máxima após 2 horas.

Figura 12 – Visão de decantação do LETA em reservatório e amostra



Fonte: Autor, 2018.

O Cimento utilizado foi o Portland tipo CP III-40RS por possuir resistência aos meios agressivos sulfatados, tais como os encontrados nas redes de esgotos de águas servidas ou industriais, na água do mar, em alguns tipos de solos e em resíduos de tratamento de água com sulfato de alumínio (ABCP, 2002).

O resíduo de ETA in natura, em forma de lodo, foi coletado no reservatório da ETA visto na Figura 07. Após coleta, a amostra de resíduo foi depositada em recipientes para decantação e posterior secagem. Em seguida foi submetido à secagem em estufa, a 110° C durante 48 h. O solo in natura (Figura 13) também foi seco em estufa nas mesmas condições.

Figura 13 – Amostra de solo a ser seco em estufa



Fonte: Autor, 2018.

4.2. Formulação e preparação dos traços com adição de resíduo de ETA

Conforme a ABCP (2002) recomenda-se moldar tijolos com as proporções, em volume, de cimento e solo de 1:10, 1:12 e 1:14, ou seja, uma parte de cimento para 10, 12 e 14 partes de solo. Foi escolhida a formulação de 1:10, aplicando a variação de LETA no quantitativo de solo (Quadro 03) e mantendo fixo os valores de cimento em 300g.

Quadro 03 – Relação solo/ resíduo no traço.

Solo (g)	LETA (g)	% LETA
2632,5	67,5	2,5
2565	135	5
2497,5	202,5	7,5

Fonte: Autor 2018.

Traços com porcentagem acima de 7,5 % não apresentaram consistência mínima para formação do bloco na prensa manual.

4.3. Confeção dos tijolos de solo-cimento

Após a mistura dos materiais e depois de atingir a umidade adequada, a massa de solo-cimento. A massa foi colocada na prensa manual e comprimida no formado de retangular com cilindros vazados (Figura 14), os tijolos foram retirados da prensa e reservados em local com sombra por 28 dias, sendo que nos primeiros 10 dias receberam água sobre a superfície em processo chamado de cura, que mantém os tijolos úmidos o que fortalece sua estrutura.

Figura 14 – Prensa Manual com massa



Fonte: Autor, 2018

4.4. Ensaio de absorção de água

Para realização do ensaio de absorção de água os tijolos passaram por intervalos de 6 horas na estufa com temperatura entre 105°C e 110°C (Figura 15), sendo pesados até a estabilização de peso conforme NBR 10836, os valores encontrados nas pesagens encontram-se no quadro 04.

Quadro 04 – Pesagem dos blocos com relação ao ciclo de 6 horas de secagem

Código	Peso Original	Após 1º ciclo	Após 2º ciclo	Após 3º ciclo	Estabilidade
T101	3305	3300	3298	-	3298
T102	3330	3316	3310	3309	3309
T103	3358	32981	3297	-	3297
T201	3319	3287	3282	3277	3277
T202	3325	3318	3312	3312	3312
T203	3306	3289	3288	-	3288
T301	3327	3320	3316	3316	3316
T302	3401	3391	3387	3386	3286
T303	3309	3299	3296	3296	3296

Fonte: Autor. 2018

Figura 15 – Tijolos em estufa



Fonte: Autor, 2018

Os tijolos já com peso estável foram submersos em um tanque com água sem impurezas em temperatura ambiente pelo período de 24 horas. Foi utilizada uma caixa de 38 litros com tampa. Na retirada os mesmos foram enxugados superficialmente com um pano úmido. Os valores individuais do ensaio foram obtidos pela seguinte expressão (NBR 10836):

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

Onde:

M_1 = massa do tijolo seco em estufa

M_2 = massa do tijolo saturado

A = absorção de água, em porcentagem

Os valores do ensaio são apresentados no quadro 05, estes respeitando a NBR 10834 não devem apresentar valores individuais superiores a 22% e em média maior que 20%:

Quadro 05 – Resultados de ensaio de absorção de água.

Código	Massa do tijolo seco (g)	Massa do tijolo saturado (g)	Absorção de água (%)	Média de absorção de água dos trios (%)
T101	3298	3794	15	14,8
T102	3309	3800	14,8	
T103	3297	3780	14,6	
T201	3277	3940	20,2	19,8
T202	3312	3990	20,4	
T203	3288	3907	18,8	
T301	3316	4207	25,2	23,8
T302	3286	4116	21,5	
T303	3296	4111	24,7	

Fonte: Autor, 2018.

4.5. Ensaios de resistência à compressão simples

Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados nos tijolos 28 dias de idades, após o ensaio de absorção de água. A amostra ensaiada de acordo com a NBR 10836 deve apresentar a média dos valores de resistência a compressão igual ou maior que 2 MPa e valores individuais iguais ou maiores que 1,7 Mpa.

Como preparação para este ensaio os blocos foram divididos ao meio na face de maior comprimento com o auxílio de serra circular (Figura 16), as partes foram sobre postas e unidas com massa de mistura de 1:1 de argamassa e cimento.

Figura 16 – Corte dos tijolos



Fonte: Autor, 2018

As faces de trabalho foram linearizadas com um processo de capeamento, obtendo com a mesma massa que uniu as partes uma superfície plana e paralela (Figura 17).

Figura 17 – Capeamento dos tijolos



Fonte: Autor, 2018

Os blocos formados foram identificados e direcionados ao equipamento de aplicação de carga (Figura 18), foi utilizada uma Prensa Hidráulica Manual, Modelo 100 T Digital I-3001-C da Marca Pavitest. Os resultados foram ordenados no quadro 06:

Figura 18 – Ensaio de Compressão simples



Fonte: Autor, 2018.

Quadro 06 – Resultados de ensaio de compressão simples

Código	Carga (Mpa)	Suportada	Avaliação
T101	1,06		Reprovado
T102	0,84		Reprovado
T103	0,84		Reprovado
T201	0,70		Reprovado
T202	0,70		Reprovado
T203	0,89		Reprovado
T301	0,33		Reprovado
T302	0,47		Reprovado
T303	0,48		Reprovado

Fonte: Autor, 2018.

5. CONCLUSÃO

As Estações de Tratamento de Água são importantes unidades de desenvolvimento humano, atendem de forma benéfica a sociedade, porém produzem um resíduo que ainda não é tão explorado como insumo para outros processos, podendo acabar sendo descartados nos próprios corpos d'água de água bruto, como cita Cordeiro (1993) e Morita et al. (2002). O LETA mesmo em sua destinação correta, aterros, ocupa espaço que poderia ser utilizado por outros materiais descartados.

Foi realizado um procedimento de acompanhamento para se estimar a quantidade de lodo seco da ETA do Polo de Inovação, a quantidade encontrada de 533 gramas (Figura 08) em 30 dias aparenta ser baixa, mas atende a necessidade de produção de tijolos experimentais.

Foi verificado que traços com porcentagem acima de 7,5 % não apresentaram consistência mínima para formação do bloco na prensa manual, como não há queima para auxiliar a aglutinação da massa, o momento de retirada do tijolo da prensa é crítico pois existe uma fragilidade na união dos materiais. Os tijolos com os percentuais 2,5 ; 5 e 7,5 foram levados para o ensaio de absorção de água e nos teste de preparo foi observado no Quadro 04 que quanto mais lodo é colocado na massa mais água o tijolo retém, característica de blocos mais porosos. A quantidade de tijolos que tiveram que passar pelo 3º ciclo de 6 horas da estufa foram 1 de 2,5%, 2 de 5% e 3 (todos) de 7,5% de LETA. Já o resultado final do ensaio de absorção de água, com base na NBR 10836, concluiu que (Quadro 05) os

tijolos de 7,5% de LETA foram reprovados, os de 5% são aprovados, porém com valores muito próximos do limite, onde dois dos tijolos ultrapassaram a marca de 20%; e os de 2,5% são aprovados.

No ensaio de compressão simples feito, todos os tijolos foram reprovados, mas conforme valores apresentados no Quadro 06 pode ser constatado que a pressão de ruptura diminui a medida de se aumenta o percentual de LETA.

Concluiu que a produção de tijolos ecológicos com o solo de IFFluminense do Campus Macaé e adição de LETA não promove blocos que atendem todos os critérios da NBR 10836. Como sugestão para trabalhos futuros aponta-se que a mudança do local de coleta de solo pode trazer resultados melhores, uma vez de a maior parte da massa é constituída de solo; além disso a mudança de proporção de traço pode ser aplicada conforme os descritos pela ABCP (2002).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 10.004: (2004a). Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10833: Fabricação de Tijolo Maciço e Bloco Vazado de Solo-Cimento com Utilização de Prensa Hidráulica. Rio de Janeiro, 1989. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10834: Bloco Vazado de Solo-Cimento sem Função Estrutural. Rio de Janeiro, 1994. 3p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10835: Bloco Vazado de Solo-Cimento sem Função Estrutural – Forma e Dimensões. Rio de Janeiro, 1994. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10836: Bloco Vazado de Solo-Cimento sem Função Estrutural – Determinação da Resistência à Compressão e da Absorção de Água. Rio de Janeiro, 1994. 2p.

Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2002) Guia básico de utilização do cimento portland. BT-106. São Paulo.

BOTERO, W. G. Caracterização De Lodo Gerado Em Estações De Tratamento De Água: Perspectivas De Aplicação Agrícola. Quim. Nova, Vol. 32, No. 8, 2018-2022, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Normas e padrão de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano. Normas regulamentadoras aprovadas pela Portaria nº 518. Brasília, 2004.

BRASIL. Lei Ordinária nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 13 fev 1998.

BURIOL, Telmo Luiz. Caracterização de jazidas para construção de habitações populares, com solo-cimento, em Santa Maria. 2002. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

CORDEIRO, J. S. (1993) O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de Tratamento de Águas. Tede (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 342 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. São Carlos, 2005.

ELSEVIER. Scopus Content Coverage Guide. Alemanha: ELSEVIER, 2016a. Disponível em: <https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0007/69451/scopus_content_coverage_guide.pdf>.

FADANELLI, L. E. A.; WIECHETECK - Estudo da Utilização do Lodo de Estação de Tratamento de Água em Solo Cimento para Pavimentação Rodoviária. Revista de Engenharia e Tecnologia, Ponta Grossa, v.02, n. 2, p. 31-37, ago.2010.

FERRAZ, R. L; BELICANTA, A., Gutierrez, N. H. M. (2000) Estudo comparativo de alguns métodos de dosagens de misturas de solo-cimento. Editora Eduem, UEM, Maringá-PR, 6p.

FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. Cartilha para Produção de Tijolo Solo-Cimento. Rio Branco, 1999.

GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MORITA, D. M.; SAMPAIO, A. O.; MIKI, M. K.; DAVID, A. C. (2002) Incorporação de Lodos de Estação de Tratamento de Água em Blocos Cerâmicos. Revista SANEAS, v. 14, p. 7-12. São Paulo.

ZHAO, Y. Q.; BABATUNDE, A. O. (2007). Constructive approaches toward water treatment work sludge management: na internatinal review of beneficial reuses. Critical Review in Environmental Science and Technology, v. 37, p. 129-164.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR - 10.004: Resíduos sólidos – classificação. 2004.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Diário Oficial da União, 23/12/2010.

CARVALHO, C.L. (2005) Propriedades Mecânicas, morfologia, e biodegradação de poliolefinas pós-consumo e blendas com amido termoplástico. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Itabita, Universidade São Francisco.