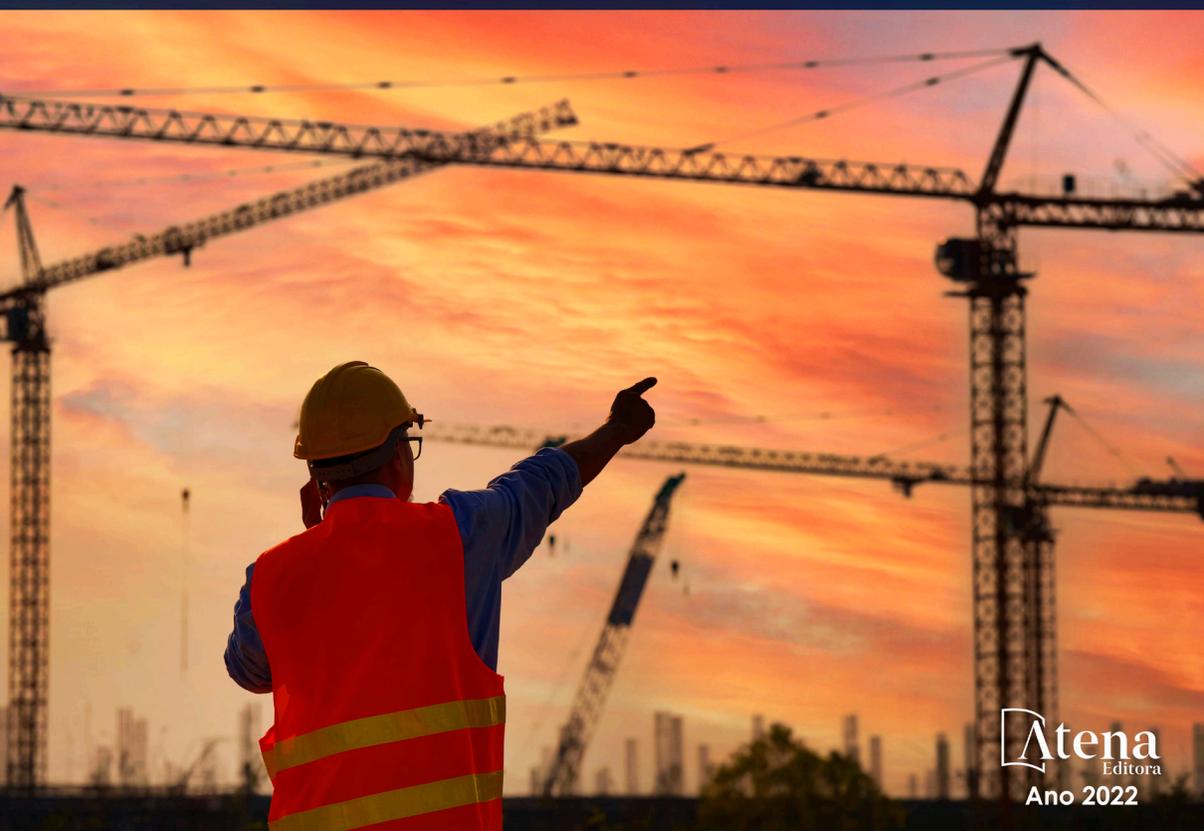


Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3



Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 3 / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0747-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.478220411>

1. Engenharia civil. 2. Construção. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Engenharia Civil: Demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 3” possui o objetivo de expandir estudos e tecnologias para a proteção do meio ambiente pautados nos avanços científicos de questões ligadas à Engenharia Civil e contribuir na consolidação das bases (ensino, pesquisa e extensão) da instituição de ensino superior com demandas ligadas à essa linha.

Gerenciamento de resíduos sólidos, busca de melhorias com o uso dos mesmos nas propriedades do concreto/aglomerante, avanços no desenvolvimento de cisternas para uso de água e somar conhecimentos necessários acerca da vital importância da segurança no trabalho da construção civil, são alguns destaques da obra.

Sendo assim, é inevitável o desenvolvimento de atividades da construção civil mais adequadas aos princípios da construção sustentável, que não causem tantas ações degradantes, adotando formas de exploração de matéria-prima mais conscientes e alternativas, utilizando materiais e processos construtivos que objetivem a harmonia entre o homem e o meio e dando uma destinação apropriada aos resíduos.

Sabendo que a indústria da Engenharia Civil ocupa posição de evidência na economia, a Atena Editora apresenta-se como grande instrumento em difundir temas de pesquisa sustentáveis nos quais se aplicam nessa área.

Amanda Fernandes Pereira da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES AGLOMERANTES MINERAIS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICA EM COMPÓSITOS COM CELULOSE *KRAFT*

Tháisa Mariana Santiago Rocha
Maria Clara Cavalini Pinto
Silvana Nisgoski
Graciela Inês Bolzón de Muniz
Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa
Leonardo Fagundes Rosembach Miranda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204111>

CAPÍTULO 2..... 17

DIMENSIONAMENTO DE UMA CISTERNA COM A CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL PARA REUTILIZAÇÃO DOMÉSTICA EM ITAJUBÁ – MG

Caio Cruz Rodrigues
João Pedro Oliveira de Souza
João Vitor Martins de Moraes
Thanus Eduardo Nogueira e Silva
Tiago Costa de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204112>

CAPÍTULO 3..... 25

UM ROTEIRO PARA BOAS PRÁTICAS DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Paulo Pinheiro Castanheira Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204113>

CAPÍTULO 4..... 49

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELO VIDRO EM TRAÇOS DE CONCRETO UTILIZANDO FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Ciro Parente Barroso
Lucas Antonio Silva de Carvalho
Antonio Rafael de Souza Alves Bosso
Roberta Paula Medeiros Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204114>

CAPÍTULO 5..... 63

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TELHA EM INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA E FORMAS DE REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL

Laiany Teixeira Costa
Letícia Lustosa Bezerra
Ítalo Thiago Silva
Frankilandio Teixeira Costa
Amanda Fernandes Pereira da Silva

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias
Artemária Côelho de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204115>

SOBRE A ORGANIZADORA.....	73
ÍNDICE REMISSIVO.....	74

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TELHA EM INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA E FORMAS DE REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL

Data de aceite: 01/11/2022

Data de submissão: 02/10/2022

Laiany Teixeira Costa

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/3097381022597523>

Letícia Lustosa Bezerra

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/7809436712510261>

Ítalo Thiago Silva

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/9744341650064180>

Frankilando Teixeira Costa

Universidade Estadual do Amazonas
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/9195468793104365>

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Engenheira Civil
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/6687283757018503>

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/7625882727010720>

Artemária Côelho de Andrade

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/2100216410130999>

RESUMO: O crescimento da construção civil provoca uma grande geração de resíduos nas cidades e causa preocupação financeira, social e ao meio ambiente. Com isso, estão sendo realizados estudos para encontrar alternativas de mitigação desses problemas. Através da análise de pesquisas já existentes, o presente trabalho tem por objetivo observar os desperdícios gerados durante o processo de fabricação de materiais cerâmicos em indústrias, como a fabricação de telhas, e averiguar alternativas de reutilização do chamote (resíduos gerados da cerâmica vermelha). Foram identificados desperdícios desde o início do processo de fabricação, com a perda de matéria prima, até a destinação final do produto com materiais defeituosos e quebras no transporte. Os resultados das pesquisas mostram que a reincorporação do chamote é uma alternativa viável na formulação de massas para fabricação de novos produtos cerâmicos e na utilização em camadas de base e sub-base em pavimentos asfálticos. Dessa forma, as alternativas de destinação dos resíduos da cerâmica vermelha gerados nas indústrias trazem benefícios para o setor ceramista com diminuição dos desperdícios e do impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, Resíduos cerâmicos, Desperdício, Alternativas de utilização, Sustentabilidade.

ANALYSIS OF WASTE GENERATION
IN ROOF TILES MANUFACTURING
PROCESS IN CERAMIC INDUSTRY AND
FORMS OF SUSTAINABLE USE

ABSTRACT: The growth of civil construction causes a large generation of waste in cities and

financial, social and environmental concerns. As a result, studies are being carried out to find alternatives to mitigate these problems. Through the analysis of existing research, the present work aims to observe the waste generated during the manufacturing process of ceramic materials in industries, such as the manufacture of tiles, and to investigate alternatives for the reuse of chamotte (waste generated from red ceramic). Waste was identified from the beginning of the manufacturing process, with the loss of raw material, to the final destination of the product with defective materials and breaks in transport. The research results show that the reincorporation of chamotte is a viable alternative in the formulation of masses for the manufacture of new ceramic products and in the use in base and sub-base layers in asphalt pavements. In this way, the alternatives for the destination of red ceramic waste generated in industries bring benefits to the ceramic sector with a reduction in waste and environmental impact.

KEYWORDS: Civil construction, Ceramic residues, Waste, Reuse, Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

A intensa geração de resíduos sólidos da construção civil em cidades de porte grande e médio tem sido motivo de preocupação em diversos países, já que a mesma envolve questões de ordem ambiental, social e financeira. Em função disto, muitos pesquisadores em todo o mundo vêm tentando encontrar alternativas para que os problemas decorrentes deste processo sejam minimizados, ou até mesmo sanados, com vistas à sustentabilidade do setor construtivo [1].

Com a intenção de reduzir os impactos causados pela geração destes resíduos, em 2002 foi estabelecida uma política nacional, elaborada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) [2], tendo como resultado a Resolução nº 307/02, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando, ainda, as ações necessárias para minimizar tais impactos ambientais. De acordo com a medida, o gerenciamento de resíduos é um sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos utilizando mecanismos, recursos e técnicas com o propósito de destinar adequadamente os resíduos da construção civil, preservando os materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente [2].

A criação da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem como objetivo incentivar as indústrias à reutilização e melhorias das formas de deposição dos resíduos gerados, vislumbrando-se novas oportunidades para aprimoramento de pesquisas e procedimentos com a finalidade de obter a melhor destinação dos entulhos, sobretudo buscando sua reutilização em outras atividades da construção civil, a exemplo do Resíduo de Cerâmica Vermelha – RCV, o qual, após passar por diversos processamentos e análises de suas características e propriedades, apresenta-se passível de ser utilizado como agregado na pavimentação de rodovias [3].

Em vista deste cenário, esta pesquisa tem por objetivo analisar os desperdícios gerados em indústrias de cerâmica vermelha durante o processo de fabricação de telhas, além disso, contribuir com as indústrias na busca por desenvolver alternativas de deposição adequada do RCV, na diminuição dos impactos ambientais através da reutilização de tais materiais. Desde modo, é evidente os benefícios para a indústria, a população e o meio ambiente com os resultados desta pesquisa.

2 | GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CERÂMICA VERMELHA

De modo geral, o processo se inicia com a extração da matéria-prima, etapa que ocorre em ambiente externo à indústria, isto é, na jazida de extração do mineral argila. No ambiente interno à indústria o processo é composto, em geral, das seguintes etapas: desintegração; laminação; mistura; moldagem; pela extrusora; corte; secagem; queima; e estoque/expedição [4], conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Processo produtivo da indústria da cerâmica vermelha [4].

A extração da matéria-prima é realizada a céu aberto por um equipamento escavadeira hidráulica, durante todo o ano, com exceção dos meses da estação chuvosa, devido à dificuldade de acesso à jazida e o deslocamento das máquinas no próprio local da extração. A partir da etapa de beneficiamento até a queima para obtenção do produto final, os processos envolvidos ocorrem dentro da indústria. O beneficiamento se inicia com a preparação da massa de produção. Algumas indústrias utilizam em seu processo dois tipos de argila, uma contendo um alto índice de plasticidade e outra um índice de plasticidade mais inferior. A massa de produção, após ser formada passa por um processo

de refinamento, para que torresões sejam destruídos e a mistura ocorra de forma mais homogênea. Para isso, a massa passa por: caixão alimentador, desintegrador, misturador e laminador [4].

A função da maromba não é apenas de conferir o formato ao produto, mas também o de promover a homogeneização, desagregação e compactação da massa cerâmica. A compactação da massa ocorre porque a extrusora retira o ar presente nos seus vazios. Logo após o processo de extrusão, o produto já com o formato devido, passa pela mesa de corte, onde adquire as dimensões projetadas. O corte pode ser realizado de forma manual ou automático, em geral por fios de aço [4].

Essa etapa pode ocorrer de forma natural ou artificial. Na secagem natural, ocorre sob influência da temperatura, da umidade relativa do ar, da velocidade e aplicação da direção do ar, da densidade de carga, da composição granulométrica da massa, da forma, da dimensão e da forma de moldagem das peças [5]. Quando os produtos são submetidos à uma estufa, a secagem é caracterizada como artificial [4].

Na etapa de queima os produtos passam por altas temperaturas. Segundo Oliveira [6], esta ocorre na faixa de 800 a 1000 °C, promovendo alteração na composição física, química e mineralógica da matéria-prima, transformando a argila em cerâmica. A queima é realizada em dois tipos de fornos, intermitentes, ou seja, em bateladas, ou contínuos. Nessa etapa, o produto adquire as características cerâmicas, tais como resistência mecânica, à abrasão e à agentes químicos, redução da porosidade, impermeabilidade, dentre outros [7].

2.1 Perdas de materiais durante o processo de fabricação de telhas cerâmicas

Segundo Shigeo Shingo [8], foram identificadas sete categorias de perdas no processo produtivo. São elas: perdas por superprodução, transporte, processamento, produção de itens defeituosos, espera, estoque e movimentação.

De acordo com estudo [9] há desperdícios no macroprocesso da maromba no transporte da matéria prima até o caixão alimentador, durante a extrusão há perda quando o barro úmido gruda ao passar pela esteira, na prensagem o material que o operador não conseguiu prensar não passam pela prensa e cai no chão ao fim da esteira. Como não possui um modo de retorno automático para os resíduos desperdiçados, depende de o operador retornar este material para o processo, o que exige trabalho e tempo extra sem ter a certeza de que o material estará endurecido ou viável para o retrabalho.

Durante a secagem, podem ocorrer empenamentos e trincas que geralmente iniciam-se nas bordas e propaga-se até o centro da peça, sendo mais aberta na borda. No processo foi analisado que quantidades de telhas são desperdiçadas, por não estarem em boas condições para continuarem o processo. Em relação ao processo de queima, pode ocorrer a retirada de peças cruas, que representam um retrabalho para empresa, e a geração de refugos e trincas que simbolizam desperdício do produto acabado. Durante o

manuseio das telhas no processo de montagem dos paletes, seja para alocação no estoque ou para os caminhões de transporte, também são observadas quebras dos materiais. Após certo volume acumulado, o material é devolvido às jazidas, demorando muito tempo até aderir novamente propriedades físicas que lhes permitam voltar ao processo [9].

3 I REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DA CERÂMICA VERMELHA

Uma das alternativas para minimizar esses impactos é a incorporação e/ou reutilização de resíduos num ciclo produtivo, que devem representar uma opção de recuperação dessas matérias tanto no aspecto ambiental como no aspecto econômico para indústria cerâmica. Essa reincorporação ou reutilização é dada através de formulações à massa cerâmica com o objetivo de fabricação de produtos cerâmicos como blocos, telhas e lajotas, colocando-se assim como uma das opções viáveis para a indústria cerâmica [10].

Em estudo [10] realizado sobre a reutilização de resíduos de telha cerâmica (chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos, a massa cerâmica e o resíduo de telha utilizados na pesquisa foram adquiridos em indústria cerâmica localizada na região da Grande Teresina, capital do Piauí. Para as formulações das massas cerâmicas aplicadas na pesquisa, a massa industrial não passou por nenhum beneficiamento. O resíduo de telha foi triturado e moído até passar na peneira de malha nº40 (0,425 mm). As composições das massas foram elaboradas com adição do chamote em peso variando de 0% a 20%.

Nos resultados de resistência mecânica após queima (Figura 2), observa-se, de um modo geral, que todas as formulações aumentaram a resistência mecânica com o aumento da temperatura. A resistência mecânica se relaciona inversamente com a porosidade e diretamente com a densidade do corpo cerâmico, ou seja, a maior resistência é obtida quando há simultaneamente baixa porosidade e maior adensamento das partículas. Também observa-se que todas as composições com adição de chamote obtiveram valores maiores do que a massa básica e os melhores resultados foram com a formulação com 5% de chamote. Isto é bastante motivador para a utilização do chamote como matériaprima alternativa para a produção de blocos cerâmicos, demonstrando uma grande potencialidade em aplicações cerâmicas [10].

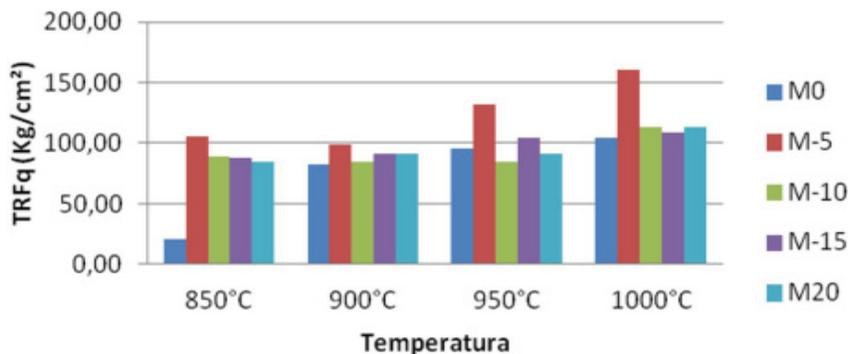


Figura 2 – Gráfico de tensão de ruptura à flexão de queima [10].

As granulometrias apresentadas por estas amostras foram classificadas como predominante silte-arenoso e silte-argiloso. A plasticidade da massa de referência foi diminuída com o incremento do chamote. Os resultados encontrados da absorção de água dos corpos cerâmicos a adição do chamote mostraram um maior fechamento dos poros comparados ao da massa básica. Este resultado é corroborado com os resultados de resistência mecânica, onde as amostras das formulações com teor de chamote obtiveram resultados superiores ao da massa de referência e a formulação com 5% de teor obteve os melhores resultados. Os resultados mostraram que o uso do chamote na produção de cerâmica estrutural, é uma alternativa viável para o aumento da qualidade técnica do produto cerâmico estrutural e a melhoria da qualidade ambiental, pois a reutilização deste resíduo faz com que reduza o impacto ambiental provocado pelas indústrias deste setor [10].

Natassia Sales [11] realizou uma análise da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para a utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos asfálticos, através de experimentos para a determinação do comportamento mecânico e das principais características de amostras contendo diferentes proporções da mistura de chamote cerâmico associado ao solo laterítico, comparando-as com uma amostra contendo 100% desse mesmo solo, buscando a proporção mais adequada da mistura, e assim analisar a viabilidade de sua utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviário.

A partir da análise dos resultados observa-se que o acréscimo de chamote cerâmico fez aumentar a percentagem do equivalente de areia, diminuindo a quantidade de finos e impurezas da amostra, aumentando a qualidade do material e permanecendo nos valores aceitáveis pelo Manual de Pavimentação do DNIT [11].

Dessa forma, todas as misturas estão aptas a serem utilizadas na camada de sub-base pois apresentaram ISC superior a 20% e IG = 0, sendo a proporção que recebeu 20% em peso de chamote cerâmico a que apresentou maior resistência e mostra-se mais adequada. Para a camada de base as misturas que receberam 20% e 30% de chamote

cerâmico se mostraram potencialmente adequadas para o uso em camadas de base, pois atenderam à todos os requisitos do manual para essa utilização, mostrando-se totalmente viáveis. Assim como para camada de sub-base, a proporção que apresentou maior resistência foi a mistura que recebeu 20% de chamote cerâmico [11].

Ressaltando que existem grandes quantidades de resíduos prontos para serem exploradas nos pátios das indústrias cerâmicas e o uso do chamote evitaria impactos ambientais negativos, pois traria um novo material aparentemente sem uso e reduziria a exploração de jazidas para fornecimento de materiais para execução de base e sub-base de pavimentos, agregando um novo material as obras rodoviárias [11].

Paixão et. al. [12] elaborou pesquisas e experimentos a fim de contribuir com o aumento do conhecimento sobre as características dos agregados reciclados e sobre o comportamento das argamassas quando incorporam estes materiais. Este trabalho foi realizado utilizando-se resíduos cerâmicos de construção e demolição como agregado miúdo para a produção de argamassa de revestimento. Em relação à resistência à compressão e a resistência à tração por compressão diametral observou-se que quanto maior o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, maior a resistência da argamassa, o que aponta a existência de atividade pozolânica do agregado cerâmico reciclado. Porém, a substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado se mostrou inviável devido à dificuldade de adensamento da mistura, o que ocasionou significativa redução tanto da resistência à compressão quanto da resistência à tração por compressão diametral das argamassas estudadas. De forma geral, conclui-se que, com base nas características estudadas, o uso de agregados reciclados é viável para produção de argamassas de revestimento. No entanto, é importante ressaltar que a substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado causou grandes prejuízos às resistências mecânicas da argamassa e à sua trabalhabilidade [12].

No artigo elaborado por Silva et. al [13], apresenta a utilização do resíduo chamote como adição reativa em massas cerâmicas para produção de blocos de vedação da construção civil, visando um melhor desempenho das propriedades físico-mecânicas das massas e uma destinação a este resíduo, o qual, se sempre descartado, acarretará graves impactos ambientais. Dos ensaios obtidos da bibliografia acerca da composição química, observou-se que a composição da amostra do material chamote é similar à argila convencional, visto que o principal material componente é a sílica o que permite uma reprodução das propriedades. Quanto às propriedades tecnológicas, pode-se constatar que através da incrementação do resíduo chamote em massas de cerâmica vermelha pode-se obter desempenhos satisfatórios na produção, visto que sua presença não provocou alterações significativas no comportamento das amostras estudadas.

Este fato se comprova na literatura com análise do ensaio de resistência à compressão, onde se obteve dados bem semelhantes entre a amostra com teor de chamote em sua composição e a amostra de cerâmica padrão. Assim, com base nesses fatores, vê-se que

não há implicações relevantes que impeçam o uso do chamote na formulação de massas de cerâmica vermelha e que este se mostra com grande potencial para ser utilizado como matéria-prima alternativa de baixo custo na fabricação de produtos cerâmicos, até mesmo de blocos de vedação, como um caminho à destinação desde resíduo e possibilitando a sua reinserção na cadeia produtiva de mercado [13].

Castro [14], em sua dissertação, verificou a potencialidade de se produzir revestimento cerâmico semi-poroso utilizando chamote de telhas. Com base nos resultados, o chamote não interferiu na estabilidade dimensional do material. Os corpos de prova preparados a partir de F1 tiveram reduções em suas propriedades quando comparados com os preparados com a formulação básica, mesmo assim os resultados encontrados para a formulação dopada com 20% de chamote encontram-se dentro dos valores estabelecidos pela norma vigente para revestimento semi-poroso em nível de absorção de água e tensão de ruptura a flexão, através dos resultados obtidos com as duas formulações F1 e F2 nos corpos-de-prova, pode-se concluir que a mais adequada foi F2-2,5, com os melhores resultados nos testes de retração linear, absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, tensão de ruptura à flexão e perda ao fogo resultando com isso em uma melhor classificação nos corpos-de-prova, embora seja utilizado uma pequena quantidade de chamote só 2,5%.

A importância desse trabalho foi a de produzir materiais adicionando aos mesmos com diferentes porcentagens de chamote. A principal vantagem na produção destes materiais está no benefício que esse produto trará ao meio ambiente, onde haverá menos resíduos descartados, menor remoção de recursos naturais (argila) e menores gastos com disposição dos resíduos de telhas, resultando em benefícios ambientais devido a redução na disposição e conseqüentemente melhoria na qualidade de vida do homem. [14]

Morais e Souza [15] em sua pesquisa analisaram a influência da substituição do agregado miúdo (areia natural) pelo RCV, através da Resistência à Compressão Simples (RCS) e do consumo de cimento Portland no concreto, de modo a reduzir os custos, bem como os impactos associados ao uso do concreto, tendo em vista o seu largo consumo. Pode-se aferir que a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado apresentou influência, de forma positiva, na resistência à compressão e no consumo de cimento. A utilização do RCV teve influencia considerável na demanda de água dos concretos produzidos, o concreto CS100 foi o que apresentou melhor desempenho em relação ao menor consumo de cimento e o CS50 apresentou maior RCS. Verificou-se também que a substituição total do agregado natural pela cerâmica vermelha modificou a coloração dos concretos no estado fresco, atribuindo-lhes uma cor avermelhada, mas que no estado endurecido essa cor não fica tão evidente, assemelhando-se a cor acinzentada dos concretos CREF [15].

Pode-se concluir que o resíduo de cerâmica vermelha analisado, se mostra como material alternativo potencialmente viável de ser utilizado na fabricação de concretos,

atribuindo-lhe aprimoramento em suas características de resistência à compressão e consumo de cimento. O que possibilitou essas evidentes influências causadas pelo resíduo cerâmico, em relação à resistência à compressão, foram suas características físicas, pois seus grãos possuem superfície áspera, a qual propicia uma melhor ligação entre a matriz de cimento e os agregados reciclados e, química, pois apresenta características que o classifica como material pozolânico [15].

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi discorrido acima, conclui-se que há grandes desperdícios durante a fabricação de materiais cerâmicos em indústrias, como a exemplo, na produção de telhas cerâmicas. Estes resíduos são gerados em várias fases do processo, desde a extração com perda da matéria-prima, com peças defeituosas e até a destinação final na quebra dos materiais durante o transporte. Os resíduos de cerâmica vermelha (RCV), após passarem por procedimentos, podem ser reutilizados de forma sustentável na formulação de massas para fabricação de produtos cerâmicos como blocos, telhas e concretos. Outra alternativa é o uso dos rejeitos de materiais cerâmicos após a queima (chamote) para utilização em camadas de pavimentos asfálticos. Dessa forma, a reutilização sustentável dos resíduos beneficia tanto as indústrias, com alternativas de destinação correta, bem como diminui o impacto ambiental causado.

REFERÊNCIAS

- [1] MOTTA, Rosângela dos Santos. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.
- [2] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 2002. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Disponível em: < <http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- [3] BRASIL. Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da república Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF.
- [4] MORAIS, Maria Monize. **Gerenciamento de resíduos sólidos na indústria de cerâmica vermelha: um múltiplo estudo de caso na região de desenvolvimento do Sertão do São Francisco de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.
- [5] TUBINO, L. C. B.; BORBA, P. **Etapas do processo cerâmico e sua influência no produto final – massa, extrusão, secagem e queima**. Resposta Técnica, 2006. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/acessoDT/42>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

- [6] CASA GRANDE, M. C.; SARTOR, M. N.; GOMES, V. DELLA, V. P. HOTZA, D.; OLIVEIRA, A. P. N. **Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor cerâmico**. Cerâmica Industrial, v. 13, n. 1, p. 34-42, 2008.
- [7] MONTEIRO, C. M. O. L.; FRANCO, M. N.; PINATTI, A. A. BARBOSA, F. C.; SOUZA, R. B.; CARVALHO, F. C. **Noções básicas de processo produtivo de cerâmica vermelha**. SENAI-PI, Centro de Tecnologia da Cerâmica "Wildson Gonçalves". Piauí, 2007.88p.
- [8] SHINGO, Shigeo. **O sistema toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- [9] IDROGO, Aurelia Altemira Acuna; BEZERRA, Maria Clara da Cunha; ACUÑA, Gioconda Sunción. **Estudo sobre os desperdícios presentes no processo de fabricação de telhas em uma indústria de cerâmica vermelha**. Brazilian Journal of Business, v. 1, n. 3, p. 1087-1103, 2019.
- [10] OLIVEIRA, Y. L. *et al.* **Estudo da reutilização de resíduos de telha cerâmica (chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos**. Cerâmica Industrial, v. 21, n. 2, p. 45-50, 2016.
- [11] SALES, Natássia da Silva *et al.* **Análise da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para a utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do Instituto Federal do Piauí. 2018.
- [12] PAIXÃO, Suelen de Oliveira. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias**. Projeto de Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- [13] SILVA, C. M.; SILVA JUNIOR, T. L.; NASCIMENTO, F. B. C.; HOLANDA, E. P. T. **Utilização de chamote como aditivo em massas de cerâmica vermelha para a produção de blocos de vedação**. In: Workshop De Tecnologia De Processos E Sistemas Construtivos. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. P. 1-6.
- [14] CASTRO, Raimundo José de Sousa. **Formulation and characterization of raw materials for semiporous ceramic coating and roofing tile Chamote**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.
- [15] MORAIS, M. H. L.; SOUZA, W. M.; RIBEIRO, A. J. A. **Utilização de resíduo cerâmico vermelho como agregado miúdo em concretos**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 9, n. 7, pág. e357974145, 2020.

SOBRE A ORGANIZADORA

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA - Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), é Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação (PPGCM) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atua na área de pesquisa Materiais Magnéticos, Semicondutores e Semicondutores Magnéticos Diluídos com aplicações antibacterianas sob orientação do Professor Doutor Ramón Raudel e Professora Doutora Francisca Araújo. Além disso, seus temas de interesse são: Construção Civil, Patologia das Construções, Materiais da Construção Civil, Perícia Judicial, Concreto, Análise do Comportamento de Solos, Ensino de Engenharia e Educação à Distância.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes 25, 26, 27, 28, 29, 31, 34, 35, 37, 44, 46, 47, 48

Aditivo 4, 5, 6, 8, 51, 52, 55, 59, 60, 61, 72

Aglomerante 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 55

Água 6, 8, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 49, 51, 56, 57, 59, 68, 70

Água pluvial 17, 19, 22

Alternativas de utilização 63

Areia 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 68, 70

C

Caixa d'água 17

Cal hidratada 2, 3, 14, 15, 56

Celulose 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15

Cerâmica vermelha 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72

Chamote 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Chuva 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

Cimento Portland 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 55, 61, 70

Cisterna 17

Compósito 1, 2, 5, 6, 13, 15

Concreto 15, 33, 37, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 70, 73

Consistência 1, 7, 8, 9, 14, 49, 51

Construção Civil 1, 13, 14, 15, 25, 26, 27, 32, 37, 41, 42, 46, 50, 61, 63, 64, 69, 71, 73

D

Dados pluviométrico 17

Desperdício 19, 63, 66

G

Gesso 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14

I

Impacto ambiental 50, 63, 68, 71

Indústrias 44, 46, 50, 63, 64, 65, 68, 69, 71

K

KRAFT 1, 2, 3, 4, 5, 13, 15

N

Normas regulamentadoras 27, 29, 38

P

Planejamento fatorial 51, 52, 57, 58, 59, 60

Prevenção 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 45, 47, 48

R

Reciclado 51, 69, 70, 71

Resíduo 4, 50, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Resíduo de Cerâmica Vermelha – RCV 64, 70

Resíduos cerâmicos 63, 69

Resíduos sólidos 61, 64, 71, 72

Resistência 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 49, 50, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 69, 70, 71

S

Saúde 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 38, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 64

Segurança 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Sustentabilidade 23, 45, 50, 63, 64

T

Tecnologia verde 2

Telha 63, 67, 72

Traço 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 61

Treinamentos diários de segurança 27, 47

V

Vidro 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 59, 60, 61, 62

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3




Ano 2022

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3

