



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CÂMPUS PAU DOS FERROS

CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ÉDEN MALVEIRA DOS SANTOS

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA EM
MORADA NOVA/CE**

PAU DOS FERROS - RN

2016

ÉDEN MALVEIRA DOS SANTOS

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA EM
MORADA NOVA/CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Pau dos Ferros, para obtenção do título Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^a. Ma. Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237g Santos, Éden Malveira dos.
Geração de resíduos em indústrias de
cerâmica vermelha em Morada Nova/CE / Éden
Malveira dos Santos. - 2016.
59 f. : il.

Orientadora: Adla Kellen Dionisio Sousa de
Oliveira.
Coorientador: Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

1. Cerâmica Vermelha. 2. Resíduos Cerâmicos.
3. Impactos Ambientais. I. Oliveira, Adla Kellen
Dionisio Sousa de, orient. II. Sousa, Cláwsio
Rogério Cruz de, co-orient. III. Título.

ÉDEN MALVEIRA DOS SANTOS

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA EM
MORADA NOVA/CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Pau dos Ferros, para obtenção do título Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADA EM: 23/09/2016.

BANCA EXAMINADORA

Adla Kellen D S de Oliveira

Profª. Ma. Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira - UFERSA
Presidente

Cláudio Rogério Cruz de Sousa

Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa - UFERSA
Membro Examinador

Marília Cavalcanti Santiago

Profª. Ma. Marília Cavalcanti Santiago - UFERSA
Membro Examinador

José Flávio Timoteo Júnior

Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior - UFERSA
Membro Examinador

Dedico este trabalho,

A minha mãe, **Cláudia Eugênia Malveira Malagueta**, amor da minha vida, mulher guerreira que dedica parte do seu tempo semeando valores e ensinamentos para construção do meu futuro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida, e não me deixar cair nos momentos de fraqueza, sempre me dando forças, fé e disposição para que eu persista e lute em busca dos meus sonhos. Ao Senhor, minha eterna gratidão.

Aos meus pais José Epitacio Rodrigues dos Santos e Cláudia Eugênia Malveira Malagueta, que me acolheram com paciência, serenidade e amor. Proporcionam os melhores momentos, ensinamentos e valores da humanidade. Vocês jamais serão esquecidos – são especiais por essência – razão da minha vida. Obrigado pelo incentivo nas horas de desânimo, pelo consolo nos momentos de tristeza e pela presença nas alegrias. A vocês, que compartilharam dos meus ideais, dedicaram de melhor forma em busca do meu futuro, a minha mais profunda gratidão e respeito. Sem vocês, nada eu seria. Imensuravelmente, eu amo vocês!

Aos meus irmãos Eric Malveira dos Santos e Emilly Malveira dos Santos, com quem passei grande parte do meu tempo compartilhando dia-a-dia diversas virtudes. O que nos resta são fotografias e lembranças das nossas brincadeiras. Porém, ainda temos alegria, amor e união desde a infância. Vocês são minha proteção. Apesar da distância e ausência em alguns momentos, estaremos sempre unidos.

A minha família, base de tudo. Uma árvore genealógica vivida no amor, na prosperidade, na união, na fé... A confiança e a força de vocês foram fundamentais para minhas conquistas.

A minha orientadora Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira, que me acolheu como orientando e fez surgir ideias grandiosas durante a pesquisa. Compartilhou materiais e ensinamentos para que eu tivesse um grande acervo de conhecimento. Pelas críticas – sempre construtivas, e disponibilidade de orientações nos momentos de dúvidas, sempre atenciosa e prestativa. Ainda, pelo estímulo e dedicação durante este trabalho. A você, minha admiração por ser uma excelente profissional.

A meu coorientador Cláwsio Rogério Cruz de Sousa, pelas orientações, sugestões, materiais cedidos e ajuda substancial para a realização do trabalho. Você foi primordial para crescimento deste trabalho. Admirável profissional.

Aos professores e servidores da UFERSA, em especial a Marília Santiago, Almir Mariano, Eduardo Dias, pelos ensinamentos e contribuições valiosas durante a graduação.

Aos meus amigos e educadores Antônio Gomes, Odélio Cavalcante, Leila Lopes, Plheybe Saraiva, Valquiria Góes, Marta Balduino, pela construção de valores e carinho.

As minhas amigas Karynne Nobre e Valéria Chaves, pela companhia, alegria, confiança, ajuda e incentivo em todos os momentos.

Aos colegas de graduação e de estágio, em nome do Mestre Wilton Freitas, agradeço a todos pela troca de conhecimentos e companhia durante esse tempo.

E a todos que estiveram comigo durante esse tempo, formal ou informalmente, meu carinho e agradecimento.

“A Argila já me estava presente na vida desde a infância. Lembro os bonecos e casas e panelas de barro que moldei, peças nas quais ficaram impressas minhas pequenas e curiosas digitais. Tudo moldado com muita imaginação e zelo. Agora, são estas lembranças transformadas em material de trabalho, num terroso tom de nostalgia, da cor da massa ainda trabalhável, deixando-se melhorar nas mãos da oleira.

E vive tão imbricada, tão arraigada em mim que, escondida entre as hemácias, pode-se desconfiar haver argila em minhas veias...”

Amanda Vieira

RESUMO

Dos materiais cerâmicos, a cerâmica vermelha é a mais antiga, e por isso é conhecida como cerâmica tradicional. Este material é um dos mais utilizados na construção civil, porém apresenta ainda uma grande carência com relação ao desenvolvimento tecnológico e a gestão ambiental. Este trabalho tem como objetivo analisar a geração de resíduos de cerâmica vermelha durante o processo produtivo e os possíveis impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha na cidade de Morada Nova/CE. No propósito de melhor entender o estudo dos resíduos advindos das indústrias de cerâmicas vermelha essa pesquisa tem a abordagem de caráter quantitativo e qualitativo. A pesquisa envolveu duas etapas. Na primeira, foi realizado um estudo na literatura e visitas *in loco* em duas indústrias. Durante as visitas foram realizados registros fotográficos e aplicações de questionário. A segunda etapa constituiu na análise e discussão sobre a geração dos resíduos cerâmicos nas empresas visitadas. As indústrias visitadas são caracterizadas pela fabricação de tijolos, com produção em cerca de 940.000 mil peças mensais. Por ser uma atividade que depende muito dos recursos naturais a produção de cerâmica vermelha provoca diversos impactos ambientais. Em cada etapa do processo produtivo observa-se diferentes atividades que causam impactos ao meio ambiente como: exposição do solo à erosão, retirada da cobertura vegetal, danos à fauna e flora, desertificação e liberação de compostos gasosos. O percentual de perdas durante o processo de fabricação de cerâmica vermelha das indústrias foi em média 1,44%. A etapa de queima é a que mais gera resíduos cerâmicos, pois nela os rejeitos produzidos são oriundos do processo de queima irregular. A queima irregular pode ser causada pela carência de controle do tempo e da temperatura e ainda pela não uniformidade da temperatura nos fornos. Esses resíduos oriundos do processo de fabricação que muitas vezes não são reaproveitados ou não têm um destino ecologicamente correto, acabam contribuindo para alteração da qualidade do meio ambiente. Foi observado que as indústrias pesquisadas não possuem política ambiental para o gerenciamento da extração das matérias-primas nem dos resíduos cerâmicos. Isso resulta em cerca de 35 toneladas de resíduo cerâmico produzidos mensalmente.

Palavras-chave: Cerâmica Vermelha. Resíduos Cerâmicos. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Among ceramic material, the red ceramic is the older one, that why is know as traditional ceramic. This material is one of the most used at civil construction, however still shows a great lack in relation to technological development and environmental management. The main objective of this work is analyze the generation of waste's red ceramic, during this productive process and the possible environmental impacts occasioned by the red ceramic industrials at the city of Morada Nova/CE. In order to understand the study of wastes arising from red ceramic industrials this research has a quantitative and qualitative approach. The research was developed in two steps, the first one, was literally study and the visited *in loco* two industrials. During this visited was done photograph register and a survey was applied. The second step, was the analysis and discussion of the generation of ceramic waste in the visited companies. The industrial visited were characterized by bricks, with production at about 940 million pieces monthly. It is being a activity that depend on naturals resources, the red ceramic production causes many environmental impacts. In each step of productive production, observe different activities that impact the environment as: soil exposure to erosion, removal of vegetation, damage to fauna and flora, desertification and release of gaseous compounds. The percentage of lots at red ceramic manufacturing process was around 1,44%. The burning step is the one that generates ceramic waste, because at this step produced waste come from the irregular firing process. The uneven burning can be caused by the lack of control over time and temperature and also the non-uniformity of temperature in the ovens. This wastes produced from the manufacturing process that many times were not reused or not have an environmentally friendly destination, end up contributing to changing the quality of the environment. It was noted that the surveyed industries do not have an environmental policy for the management of the extraction of raw materials or ceramic waste. This results in about 35 tons of ceramic waste produced monthly.

Keywords: Red ceramic. Ceramic waste. Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Tijolos comuns maciços.....	20
Figura 2.2: Blocos de vedação.....	22
Figura 2.3: Blocos estruturais ou portantes.	23
Figura 2.4: Telhados.....	24
Figura 2.5: Processo de fabricação das peças cerâmicas.....	25
Figura 2.6: Extração do barro para produção de peças cerâmicas.....	26
Figura 2.7: Preparação da matéria-prima.	27
Figura 2.8: Extrusão de tijolos.....	28
Figura 2.9: Secagem natural	29
Figura 2.10: Secagem artificial.....	29
Figura 2.11: Forno de uma olaria.	30
Figura 2.12: Fluxograma da geração e reutilização dos rejeitos no processo de fabricação de cerâmicas vermelhas.....	32
Figura 3.1: Metodologia da pesquisa.....	35
Figura 3.2: Mapa de localização de Morada Nova/CE.....	36
Figura 3.3: Localização da indústria A.....	37
Figura 3.4: Localização da indústria B.....	37
Figura 4.1: Jazida para retirada da argila.....	40
Figura 4.2: Processo de estocagem da argila.....	41
Figura 4.3: Lenha na parte superior do forno.	42
Figura 4.4: Compostos gasosos em liberação.....	43
Figura 4.5: Resíduos cerâmicos.....	46
Figura 4.6: Resíduos cerâmicos gerados pós queima.	46
Figura 4.7: Resíduos cerâmicos depositados na indústria A.	48
Figura 4.8: Resíduos cerâmicos depositados na indústria B.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Formas e dimensões nominais em (mm).	20
Tabela 4.1: Dados da extração mensal da matéria prima.	39
Tabela 4.2: Máquina utilizadas para preparação da matéria-prima.	40
Tabela 4.3: Dados considerando todo o processo produtivo, de acordo com os dados das indústrias (mês).	44
Tabela 4.4: Dados pós-queima, considerando informações da literatura (mês).	44
Tabela 4.5: Dados pós-queima, considerando informações da pesquisa (mês).	45
Tabela 4.6: Seleção de peças adotada pelas indústrias.	47

LISTA DE SIGLAS

ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
CE	Ceará
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
SEBRAE	Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 CERÂMICA VERMELHA	16
2.1.1 Histórico	17
2.1.2 Propriedades das argilas e das cerâmicas	18
2.1.3 Materiais produzidos	19
2.1.3.1 Tijolos	19
2.1.3.1.1 <i>Tijolos comuns maciços</i>	19
2.1.3.2 Blocos	21
2.1.3.2.1 <i>Blocos de vedação</i>	21
2.1.3.2.2 <i>Blocos estruturais ou portantes</i>	22
2.1.3.3 Telhas	23
2.1.4 Processo de fabricação	24
2.1.4.1 Extração do barro	25
2.1.4.2 Preparo da matéria-prima	26
2.1.4.3 Moldagem	27
2.1.4.4 Secagem	28
2.1.4.5 Cozimento	30
2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA	31
2.2.1 Utilização dos resíduos	32
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	35
3.1 VISITAS <i>IN LOCO</i>	36
4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	38
4.1 ASPECTO EMPRESARIAL	38
4.2 PROCESSO PRODUTIVO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS	38
4.3 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CERÂMICOS E DESTINAÇÃO FINAL	43
5 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	56

1 INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos surgiram da necessidade de cozinhar alimentos, armazenar água e sementes para as próximas colheitas. Então, o homem começou a utilizar o barro endurecido pelo fogo para criação de novos objetos. Os produtos cerâmicos tornaram-se essenciais na história da humanidade pois eram usados nas construções de casas populares, palácios, pirâmides e obras monumentais.

Os materiais de cerâmica vermelha possuem qualidades preponderante quando relacionado aos outros materiais de construção, como: resistência mecânica e térmica, durabilidade, estética, conforto, além do preço relativamente baixo e peças leves. Essas características evidenciam o seu uso e a vasta utilização na construção civil.

O desenvolvimento industrial do setor cerâmico brasileiro deu-se a partir do começo do século XX, acompanhando as transformações socioeconômicas vivenciadas pelo País, com a intensificação do crescimento urbano e o início do processo de industrialização (GOVERNO DE SERGIPE, 2008). Ainda neste período, houve um processo de especificação relacionado as nomenclaturas das indústrias de materiais cerâmicos; produtoras de tijolos e telhas passaram a ser chamadas de olarias (que antigamente era conhecida pela sociedade como cerâmica propriamente dita) e todas as outras produtoras passaram a ser chamada de cerâmicas.

No Brasil existe importantes jazidas de argila, sendo a principal e mais utilizada matéria-prima da cerâmica vermelha. Segundo o boletim de inteligência organizado pelo SEBRAE (2015), esse segmento representa 4,8% da indústria da construção civil, gera mais de 1,5 milhão de empregos, seja direta ou indiretamente. Possuindo 9.071 pequenas empresas que compõem o setor, ao total faturam R\$ 18 bilhões anualmente. Ademais, “a região Nordeste tem mostrado bom desempenho na produção, reflexo do aumento na demanda por produtos cerâmicos. Isso é motivado pelo bom desempenho e pelo desenvolvimento da construção civil na região” (SEBRAE, 2015, p. 3).

As cerâmicas tradicionais constituem ainda hoje o maior setor de emprego e de aplicações dos materiais cerâmicos; embora esse ramo da indústria seja o mais antigo dentro do setor cerâmico, apresenta ainda uma grande carência com relação ao estudo de suas matérias-primas e ao desenvolvimento de pesquisas no tocante à qualidade e ao desperdício, principalmente no setor de cerâmica vermelha (ACCHAR, 2006).

A larga escala de produção de peças cerâmicas gera um vasto número de resíduos oriundos do processo de fabricação que muitas vezes não são reaproveitados ou não têm um destino ecologicamente correto. Dessa forma, esses fatores contribuem para alteração da qualidade do meio ambiente. Em virtude da grande relevância das questões ligadas à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida, surge à necessidade de buscar novos conceitos e soluções dentro de uma visão de sustentabilidade e comprometimento com a questão ambiental; sendo assim, a reciclagem e o aproveitamento dos resíduos constituem-se como preocupação nacional, e mesmo mundial; um exemplo disso é que um dos maiores problemas da sociedade moderna é a destinação final dos resíduos sólidos industriais (ANICER, 2011).

Com o progresso nas legislações ambientais e a crescente conscientização dos produtores em relação ao meio ambiente, tem-se hoje uma percepção cada vez maior da necessidade de redução de resíduos gerados no processo de fabricação, impedindo danos aos seres humanos e a natureza. Para Dias (2004), esses rejeitos podem ser transformados em matéria-prima de qualidade para construção civil, com aplicação em diversas atividades do setor, tornando a atividade sustentável, e com isto, ganha todos os segmentos da sociedade, sobretudo, a natureza.

Diante do exposto, pode-se afirmar que é relevante a disponibilidade de informações que auxiliem a redução de resíduos gerados neste setor. Sob este prisma, com este trabalho pretende-se analisar a geração de resíduos nas indústrias de cerâmica vermelha em Morada Nova/CE e contribuir com informações referentes ao aproveitamento destes resíduos na construção civil.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal analisar a geração de resíduos de cerâmica vermelha durante o processo produtivo e os possíveis impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha na cidade de Morada Nova/CE.

Os objetivos específicos dessa pesquisa são sintetizados a seguir:

- identificar o local de extração da matéria-prima e a fonte de energia utilizada nos fornos;
- observar o processo produtivo dos componentes de cerâmica vermelha;
- estimar a quantidade de resíduos gerados;

- sugerir aproveitamento de resíduos da indústria cerâmica.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo, apresenta a introdução, na qual foi feita uma breve explanação sobre a evolução das cerâmicas e sobre a gestão dos resíduos cerâmicos, e apresenta ainda os objetivos do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre cerâmica vermelha, com destaque nos impactos ambientais e aproveitamento dos resíduos.

No terceiro capítulo é mostrada a metodologia utilizada para realização da pesquisa.

No quarto capítulo encontram-se a análise e discussão sobre a geração dos resíduos de cerâmica vermelha das indústrias visitadas durante a pesquisa.

E no quinto capítulo são apresentadas as conclusões da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CERÂMICA VERMELHA

A palavra cerâmica tem sua origem no grego *keramos* que significa coisa queimada, em inglês *ceramics*, em francês *céramique* e em alemão *keramik* (ABIKO, 1988). Chama-se cerâmica vermelha os produtos de coloração avermelhada (devido ao minério de ferro) empregados na construção civil, como por exemplo, tijolos, telhas, blocos cerâmicos, tubos cerâmicos e etc; também, objetos de uso domésticos e de decoração obtido pela extração, preparação, moldagem, secagem e cozimentos de argilas ou de misturas contendo argilas. Nos materiais cerâmicos a argila fica aglutinada por uma pequena quantidade de vidro, que surge pela ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (VERÇOSA; DIAS, 2013).

As cerâmicas são obtidas a partir do tratamento térmico de materiais inorgânicos, não metálicos, em temperaturas elevadas (KAZMIERCZAK, 2007). No caso da cerâmica vermelha, o recurso natural utilizado para a fabricação é a argila.

Para Verçosa e Dias (2013, p.527), “argilas são materiais terrosos naturais que, quando misturados com água, adquirem a propriedade de apresentar alta plasticidade. Durante muito tempo se conceituou que argilas eram substâncias originárias da caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e o resto era impureza extremamente pequenas, formadas por um número restrito de substâncias. Essas substâncias são chamadas argilo-minerais”.

Os argilominerais são os silicatos hidratados de alumínio (Al), ferro (Fe) e magnésio (Mg). A argila é constituída também por quartzo, mica, feldspato, muscovita, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, óxido de titânio, gesso, dolamita etc, os quais não contribuem para a plasticidade (ACCHAR, 2006).

Alguns depósitos de argila possuem elevado grau de pureza, e contém um argilomineral predominante e pequenos teores de outros argilominerais e impurezas. Quando o depósito não atende as características necessárias para a produção de um determinado componente de cerâmica vermelha, é comum que se misturem duas ou mais argilas, elaborando-se uma massa que possua as características necessárias. Essa massa é submetida a um procedimento de conformação, sofre uma secagem inicial e, posteriormente, é cozida, gerando a cerâmica vermelha (KAZMIERCZAK, 2007, p. 564).

2.1.1 Histórico

A indústria da cerâmica é uma das mais antigas do mundo, em vista da facilidade de fabricação e abundância de matéria-prima – o barro (VERÇOSA; DIAS, 2013). Ainda segundo os autores, posteriormente, constaram que o calor endurecia esse barro, e assim surgiu a cerâmica propriamente dita, que, nessa fase da humanidade, foi largamente empregada para os mais diversos fins.

Estudos arqueológicos indicam a ocorrência de utensílios cerâmicos a partir do período Pré-neolítico (25000 a.C.) e de materiais de construção, como tijolos, telhas e blocos, por volta de 5000 a 6000 a.C (SEBRAE, 2008).

A primeira queima da argila ocorreu por volta de 23.000 a.C. (OBERMEIER; VIEIRA, 1998). A durabilidade destes materiais pode ser constatada pelo aspecto praticamente inalterado de construções de antigas civilizações descobertas por arqueólogos (ABIKO, 1988). A técnica construtiva remota em alvenaria de tijolos ou blocos cerâmicos aos antigos caldeus e assírios que em torno de 4000 a.C. já usavam este material para erguer suas casas e palácios (HOLLANDA, 1975).

Em 430 a.C. foram encontradas telhas na Grécia, além de indícios de sua utilização na China e Japão por volta do mesmo período. Alguns anos depois, em torno de 280 a.C., identifica-se a utilização, por parte dos Romanos, da utilização de barro cozido para construção de telhados, assim como para fabricação de divindades, objetos ornamentais e artefatos utilitários. A atividade foi aprimorando-se e, por volta do século I a.C., começa a revelar evolução na qualidade proveniente da tecnologia produtiva empregada resultando peças de maior valor estético e monetário (SEBRAE, 2008, p. 10).

Já no século VII os chineses fabricavam a porcelana, mas, enquanto isso, no resto do mundo só se fabricava a cerâmica vermelha e amarela (VERÇOSA; DIAS, 2013).

No Brasil, o mais antigo registro de cerâmica encontra-se na Ilha de Marajó, onde foi criado um estilo próprio: o marajoara. Essas peças eram bastantes elaboradas, com motivos antropomorfos (NASCIMENTO, 2007). Entretanto, estudos arqueológicos indicam que a presença de uma cerâmica mais simples ocorreu na região amazônica, há mais de 5000 anos (SEBRAE, 2008).

Historicamente, a produção de cerâmica no Brasil remonta ainda ao período colonial, caracterizada pelos produtos de cerâmica vermelha (tijolos, telhas). Há registros do uso de telhas em São Paulo por volta de 1575. As telhas aqui produzidas eram conformadas manualmente, com mão-de-obra escrava, que moldava as peças em suas próprias pernas, de acordo com o depoimento de antigos oleiros. Tal registro pode hoje ser constatado através de antigas peças que apresentam a forma da estrutura óssea humana (NASCIMENTO, 2007, p. 26).

Nas últimas décadas, foram desenvolvidas novas tecnologias e utilizadas novas matérias-primas, o que resultou no aperfeiçoamento dos produtos convencionais e no desenvolvimento de cerâmicas de alta tecnologia, que suportam temperaturas extremamente elevadas e possuem grande resistência mecânica, utilizadas em setores como a indústria aeroespacial, eletrônica e nuclear (KAZMIERCZAK, 2007).

2.1.2 Propriedades das argilas e das cerâmicas

A primeira etapa de fabricação de uma cerâmica consiste na definição das propriedades requeridas para a massa, em função das especificações do componente a ser fabricado (KAZMIERCZAK, 2007). Há ensaios que são realizados na própria matéria prima e outros, em corpos de provas que já passaram por todo o processo de fabricação. No entanto, algumas propriedades importantes deste material são:

- a) plasticidade: é a propriedade do corpo que, submetido a determinada força, se deforma e conserva indefinidamente a deformação quando se anula a força (PETRUCCI, 1982).
- b) retração: em todo o processo, no lugar antes ocupado pela água vão ficando vazios e, conseqüentemente, o conjunto retrai-se; essa retração é proporcional ao grau de umidade e varia também com a composição da argila (VERSOÇA; DIAS, 2013).
- c) massa específica: massa é a relação entre o peso da peça seca ao ar e seu volume aparente (é o volume de água deslocado por uma peça já saturada por 24 horas de imersão) (VERÇOSA; DIAS, 2013).
- d) tensão de ruptura à flexão: é um parâmetro muito importante para a caracterização da argila, sendo um indicativo das propriedades mecânicas do componente a ser moldado; é determinada por meio do ensaio de flexão com dois pontos de apoio (KAZMIERCZAK, 2007).

- e) absorção ou porosidade aparente: é a percentagem de aumento de peso que a peça apresenta após 24 horas de imersão de água (VERÇOSA; DIAS, 2013).
- f) resistência à compressão: depende do material, se tijolos, blocos ou telhas, e devem atender as normas específicas de cada um.

2.1.3 Materiais produzidos

O setor cerâmico pode ser dividido em função de diversos fatores como matérias-primas, processo de fabricação, propriedades e áreas de aplicação. Segundo Abiko (1988) é considerada cerâmica uma ampla gama de materiais e, entre eles, sobressaem os empregados na construção civil, tais como: os materiais de cerâmica vermelha; interesse deste trabalho, englobando os blocos, tijolos e telhas.

2.1.3.1 Tijolos

Os tijolos são produzidos a partir da argila, geralmente sob a forma de paralelepípedo, possuem coloração avermelhada e apresentam canais/furos ao longo de seu comprimento (INMETRO, 2001). Há uma grande variação em seus tipos. Existem componentes que não possuem furos ao longo da peça. Os tijolos são componentes que possuem forma paralelepipedica, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das fases de maior área (KAZMIERCZAK, 2007). Podem ser classificados como:

2.1.3.1.1 Tijolos comuns maciços

Esses tijolos (Figura 2.1) não apresentam furos e tem forma paralelepipedica, são empregados principalmente em alvenarias revestidas ou nas alvenarias aparentes (GRIGOLETTI, 2001). A NBR 7170:1983 trata sobre o tijolo maciço cerâmico para alvenaria, quanto a forma e dimensões desse material para padronização os requisitos a serem atendidos estão especificados na NBR 8041:1983 e a NBR 6460:1983 trata sobre a verificação da resistência à compressão. Os tijolos comuns devem ter as dimensões padronizadas como apresentadas na Tabela 2.1:

Tabela 2.1: Formas e dimensões nominais em (mm).

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA
190	90	57
190	90	90

Fonte: NBR 7170 e NBR 8041 (1983), Adaptada.

Figura 2.1: Tijolos comuns maciços.



Fonte: Autor, 2016.

De acordo com Petrucci (1982), um tijolo comum maciço deve apresentar as seguintes características de qualidade:

- regularidade de forma e igualdade de dimensões garantindo uniformidade no assentamento;
- arestas vivas e cantos resistentes;
- homogeneidade da massa, com ausência de fendas, trincas, cavidades e corpos estranhos;
- cozimento homogêneo, produzindo som metálico quando percutido com martelo;
- facilidade de corte, apresentando fratura de grão fino, homogênea e de cor uniforme;
- resistência à compressão suficiente para o fim proposto;
- absorção de água compreendida entre 8% e 25%, de modo que valores superiores traduzem porosidade e permeabilidade do produto e valores muito baixos indicam dificuldades para aderência das argamassas de recobrimento.

2.1.3.2 Blocos

Os blocos que possuem furos horizontais não têm função estrutural, já os que contém furos na vertical desempenham função estrutural. As normas classificam os blocos cerâmicos em dois tipos, vedação e portantes, conforme sua função de vedação ou estrutural. As normas brasileiras trazem especificações sobre os blocos diante da (NBR 15270:2005) – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos; Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos; Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.

2.1.3.2.1 Blocos de vedação

Os blocos de vedação (Figura 2.2) são aqueles destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, lavatórios) e geralmente são utilizados com os furos na posição horizontal (INMETRO, 2001).

Para Petrucci (1982), os blocos de vedação devem ter as mesmas dimensões dos tijolos maciços, ou múltiplas delas, possibilitando a sua troca na execução de paredes, assim os blocos de vedação apresentam vantagens sobre os tijolos maciços:

- são normalmente fabricados em marombas a vácuo apresentando-se com aspecto mais uniforme, arestas e cantos mais firmes, faces planas e melhor esquadrejados;
- têm menos peso por unidade de volume aparente;
- dificultam a propagação de umidade e favorecem a dessecação das paredes;
- são mais absorventes do som e melhores do ponto de vista de isolamento térmico;
- apesar da redução da seção carregada, pelas melhores qualidades intrínsecas provenientes do apuro na produção podem ter tensões de utilização, referidas à seção plena (sem desconto dos furos), da mesma ordem de grandeza dos tijolos maciços.

Figura 2.2: Blocos de vedação.



Fonte: Autor, 2016.

2.1.3.2.2 Blocos estruturais ou portantes

Os blocos estruturais ou portantes (Figura 2.3), além de exercerem a função da vedação, também são destinados à execução de paredes que constituirão a estrutura resistente da edificação, podendo substituir pilares e vigas de concreto; esses blocos são utilizados com os furos sempre na vertical (INMETRO, 2001).

Para Grigoletti (2001), os blocos devem apresentar, tal como os tijolos, as seguintes características de qualidade:

- regularidade na forma e dimensões garantido uniformidade no assentamento;
- arestas vivas e cantos resistentes;
- homogeneidade da massa, com ausência de fendas, trincas, cavidades e corpos estranhos;
- cozimento homogêneo, produzindo som metálico quando percutido com martelo;
- resistência à compressão suficiente para o fim proposto;
- plano em todas as faces.

Figura 2.3: Blocos estruturais ou portantes.



Fonte: Autor, 2016.

2.1.3.3 Telhas

Os produtos cerâmicos são empregados como material de cobertura sob a forma de telhas (Figura 2.4), que podem ser curvas (coloniais, portuguesas ou árabes), planas (ou de escamas) e de encaixe (francesas ou de Marselha) (PETRUCCI, 1982). Como há uma grande variação deste material no mercado, eles podem receber outros nomes. Grigoletti (2001) apresenta os tipos de telhas mais comuns como: capa e canal (colonial, plana, paulista, etc.), francesa, romana, portuguesa e germânica. A norma brasileira (NBR 15310:2009) trata de componentes cerâmicos – telhas – terminologia, requisitos e métodos de ensaio; trazendo as especificações, dimensões, resistência e impermeabilidade de diferentes tipos de telhas.

Segundo Petrucci (1982), as telhas devem apresentar as seguintes características de qualidade:

- regularidade de forma e dimensões;
- arestas finas e superfícies sem rugosidades (para facilitar o escoamento das águas);
- homogeneidade de massa, com ausência de trincas, fendas, etc.;
- cozimento homogêneo;
- fraca absorção de água e impermeabilidade;
- peso reduzido;
- som metálico quando percutida;

- resistência mecânica à flexão adequada, mesmo na condição de saturada de água.

Figura 2.4: Telhados.

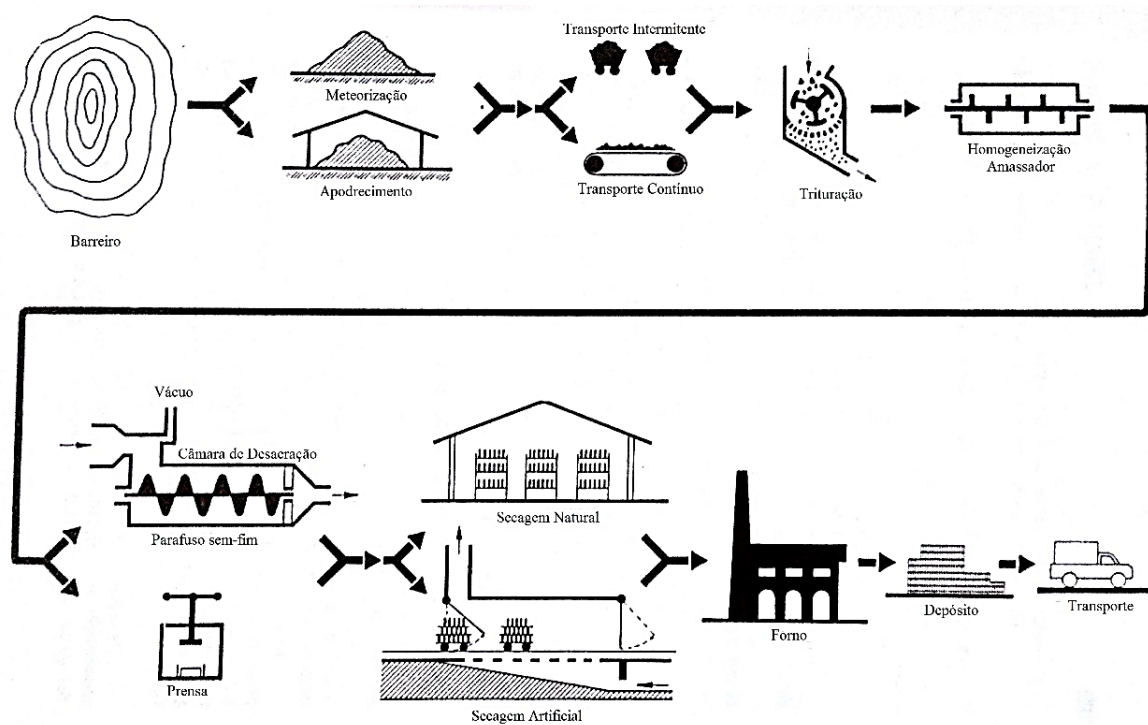


Fonte: Autor, 2015.

2.1.4 Processo de fabricação

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica – ABCERAM (2011), os processos de fabricação empregados pela cerâmica vermelha assemelham-se parcial ou totalmente com os outros segmentos cerâmicos, podendo diferir de acordo com o tipo de peça ou material desejado. O processo de fabricação (Figura 2.5) de peças cerâmicas segue as etapas de extração do barro, preparo da matéria-prima, moldagem, secagem, cozimento e esfriamento.

Figura 2.5: Processo de fabricação das peças cerâmicas.



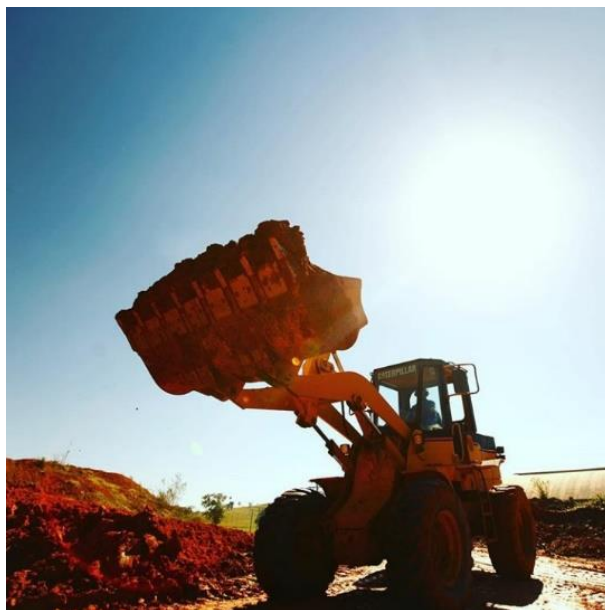
Fonte: Petrucci (1982), Adaptada.

2.1.4.1 Extração do barro

A extração de argila ocorre a céu aberto (Figura 2.6), preferencialmente nos meses de menor precipitação, podendo ser realizada manualmente ou mecanizada, com auxílio de escavadeiras, pás carregadeiras, trator de esteira com lâmina, entre outros equipamentos (FIEMG; FEAM, 2013).

As peças cerâmicas requerem um tipo próprio de barro. Segundo Verçosa e Dias (2013), o teor de argila, a composição granulométrica, a profundidade de barreira, a umidade e diversos outros fatores devem ser levados em consideração, pois dependendo das condições eles podem influenciar no resultado a obter.

Figura 2.6: Extração do barro para produção de peças cerâmicas.



Fonte: ANICER, 2013.

2.1.4.2 Preparo da matéria-prima

É nesse processo que ocorre o apodrecimento da argila ou sazonalamento. A argila é levada para depósitos ao ar livre, onde é revolvida sumariamente e passa por um período de descanso, tem por finalidade principal a fermentação das partículas orgânicas, que ficam coloidais, aumentando a plasticidade, também, serve para corrigir o efeito das pressões sobre as argilas (VERÇOSA; DIAS, 2013).

A formação da pasta propriamente dita, que se inicia pela maceração, continua com a correção e termina com a amassamento. Verçosa e Dias (2013) define esse processo como:

- **Maceração** - é feita para se obterem partículas finas e, com isso, maior plasticidade, melhor contato entre os componentes etc. Se não houve eliminação das impurezas antes, é nesta fase que são retirados galhos, pedras ou outros corpos que estejam misturados com a argila.
- **Correção** - é feita para dar à argila propriedades adequadas.
- **Amassamento** - serve para preparar a argila para a moldagem.

Todas as operações de tratamento das argilas como depuração, divisão, homogeneização e umedecimento, antes da moldagem, podem realizar-se por via mecânica (Figura 2.7), fazendo-se passar a pasta por um trem de preparação, que compreende

normalmente: trituradores, peneiradores, misturadores, amassadores e laminadores (PETRUCCI, 1982).

Figura 2.7: Preparação da matéria-prima.



Fonte: ANICER, 2013.

2.1.4.3 Moldagem

A moldagem ou conformação das peças pode ser realizada por extrusão ou por prensagem. O processo de extrusão (Figura 2.8) é o mais comum na fabricação de tijolos e blocos, enquanto, a prensagem é utilizada para telhas (KAZMIERCZAK, 2007). Nesse processo segundo o mesmo autor, o equipamento usado é uma maromba a vácuo, que tem as funções de retirar o excesso de ar existente na massa cerâmica e conformá-la por meio da passagem por uma boquilha, que funciona como molde para a cerâmica. Depois a coluna contínua de material moldado é cortada nas dimensões previstas através de uma guilhotina formada de arames presos a um esquadro.

Figura 2.8: Extrusão de tijolos.



Fonte: Autor, 2016.

2.1.4.4 Secagem

As peças geralmente possuem um elevado teor de umidade, e esse teor de água deve ser retirado lentamente do componente cerâmico, de modo a impedir o aparecimento de deformações e fissuras. Durante o processo de secagem (Figura 2.9) e (Figura 2.10) ocorre migração de água para o exterior, e o calor gerado pela evaporação dessa umidade aquece a superfície do componente moldado, como consequência, a superfície do componente seca mais rápido que seu interior, no entanto, resulta numa contração diferencial com relação ao interior que gera tensões que podem vir a causar deformações e/ou fissuras (KAZMIERCZAK, 2007).

Há quatro processos básicos de secagem de acordo com Verçosa e Dias (2013):

- a) **secagem natural:** é o processo comum nas olarias, mas é demorado e exige grandes superfícies. Ela é feita em telhados extensos, ao abrigo do sol e com ventilação controlada. Às vezes, é realizada em depósitos quase fechados, de madeira, colocados em torno e acima do forno, do qual aproveitam o calor;
- b) **secagem por ar quente-úmido:** o material é posto nos secadores, onde recebe ar quente com alto teor de umidade, até que desapareça a água absorvida. Em seguida recebe apenas ar quente, para perder a água de capilaridade. Com isso as deformações são mínimas;

- c) **secadores de túnel:** são túneis, pelos quais se faz passar o calor residual dos fornos (de 40 °C a 150 °C). As peças são colocadas em vagonetas, que percorrem lentamente o túnel no sentido da menor para a maior temperatura;
- d) **secagem por radiação infravermelha:** é pouco usada, em razão do custo e por só servir para peças delgadas. No entanto, dá alto rendimento e pouca deformação. É usada para peças de precisão.

Figura 2.9: Secagem natural



Fonte: Autor, 2016.

Figura 2.10: Secagem artificial.



Fonte: Autor, 2016.

2.1.4.5 Cozimento

De acordo com Verçosa e Dias (2013, p. 535) “É talvez a parte mais importante da fabricação dos materiais cerâmicos. Durante o cozimento ocorrem reações químicas as mais diversas; algumas são rápidas, outras exigem tempo; algumas devem completar-se, outras devem ser evitadas; algumas devem ocorrer no início, outras no fim. Disso resulta que o problema é complexo, e influi não somente a temperatura alcançada, mas também a velocidade de aquecimento, de esfriamento, atmosfera ambiente, tipo de forno, combustível usado etc”.

O principal cuidado no cozimento deve ser o de dar uniformidade de calor ao forno, senão umas peças ficarão mais queimadas do que as outras, outro cuidado deve ser o de se obterem as temperaturas ideais exatas (VERÇOSA; DIAS, 2013).

Existem diversos tipos de fornos que são utilizados para a fabricação de cerâmica vermelha. O modo mais tradicional de classificação é função do processo de queima, dividindo os fornos em contínuos (quando a produção é contínua) e intermitentes (quando a queima ocorre em ciclos de carga, quente, queima e descarga) (KAZMIERCZAK, 2007). Ainda segundo o autor, depois de retirados dos fornos (Figura 2.11), os componentes cerâmicos deverão ser submetidos a um resfriamento lento (variando, geralmente, entre 8 e 24 horas).

Figura 2.11: Forno de uma olaria.



Fonte: Autor, 2015.

2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

Em relação à sua origem, segundo a Resolução 313 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2002, p. 654), os resíduos sólidos industriais são classificados como:

Todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

O setor produtivo de cerâmica vermelha é parte da cadeia de construção civil, é grande consumidor de energia, de matérias primas naturais, e gera resíduos distintos daqueles da construção e demolição, pois são isentos de qualquer mistura, como por exemplo, de materiais cimentícios; este setor industrial tem impacto no meio ambiente e os dados relacionados precisam ser conhecidos, quantificados e tratados de forma conveniente para tornar esta atividade mais sustentável (DIAS, 2004).

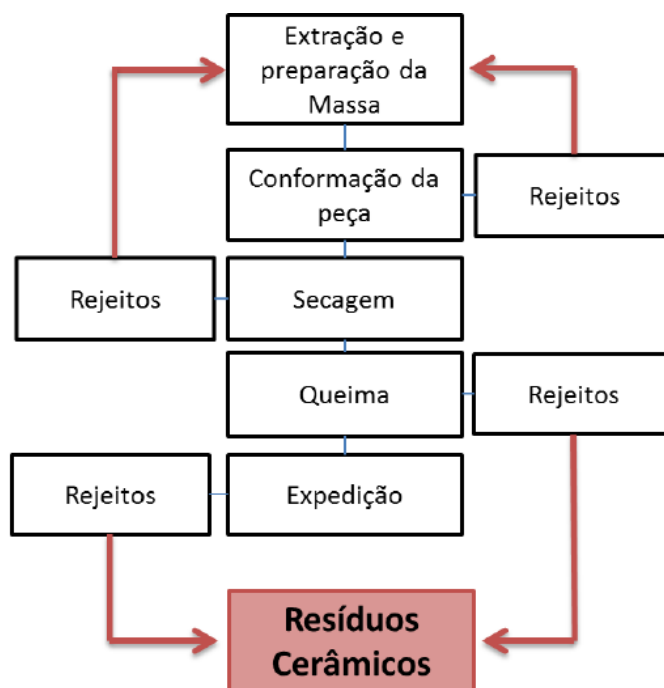
Devido à quantidade de indústrias e, conseqüentemente, a elevada produção de peças cerâmicas, o número de resíduos gerados no processo de fabricação é grande. Pode-se chamar de resíduos as peças inteiras, de tijolos e telhas, que não apresentam, após a queima nos fornos, as características técnicas exigidas para a comercialização e, também, pedaços originados das quebras das peças durante os deslocamentos a que são submetidas (REDIVO, 2011).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009), as perdas mais frequentes ocorrem em duas etapas do processo: entre o caixão alimentador e a maromba, sendo que os materiais argilosos retidos nas correias ou caídos no chão são novamente reaproveitados no processo. Após a queima, as perdas de produção são devidas basicamente as lascas e quebra de peças no descarregamento e carregamento dos fornos e caminhões transportadores, além da queima excessiva.

Denomina-se, então, por “quebras da produção”, em porcentagem, a quantidade de tijolos ou telhas refugadas após a queima, que constituem os resíduos gerados (cacos); os fabricantes declaram o percentual que admitem para esta quebra da produção em função do número de peças fabricadas (DIAS, 2004).

Os componentes que apresentam defeito durante o processo de extração da matéria-prima até a secagem ainda podem ser incorporados a massa cerâmica, voltando para o início do processo (Figura 2.12). Já após o cozimento das peças, se apresentarem algum defeito ou quebra, não podem ser aproveitadas, gerando os resíduos cerâmicos.

Figura 2.12: Fluxograma da geração e reutilização dos rejeitos no processo de fabricação de cerâmicas vermelhas.



Fonte: Ferreira, 2012.

Segundo o IPT (2014), o Brasil produz 130 milhões de toneladas de cerâmica vermelha anualmente, o estado de São Paulo produz cerca de 32 milhões de toneladas, deste total, 5% viram resíduos que, na maioria das vezes, não tem um destino correto ou são despejados em áreas das próprias cerâmicas.

As perdas no pós-queima podem variar de 5% (nas cerâmicas mais estruturadas e com tecnologia mais moderna) a 20% (nas cerâmicas mais desorganizadas e defasadas tecnologicamente). Para o Brasil, devido às diferenças de nível tecnológico entre as unidades cerâmicas, é estimado um valor médio de perdas de cerca de 10%, considerando o peso médio de 2 mil kg por milheiro de peças, as perdas equivalem a aproximadamente 200 kg de cacos por milheiros (MME, 2009).

2.2.1 Utilização dos resíduos

O aproveitamento dos resíduos gerados pode trazer benefícios interessantes, tanto do ponto de vista ambiental como também na redução da criação e utilização de aterros; nos gastos com acondicionamento e transporte; na redução da utilização dos recursos naturais e na

diminuição dos riscos ambientais proporcionados por esses resíduos (FIRJAN, 2006). Alguns pesquisadores desenvolveram estudos relacionados à utilização dos resíduos de cerâmica vermelha.

Fonseca (2006), estudou a possibilidade de utilização do Agregado Reciclado de Telha (ART), especificamente a fração graúda, como substituto parcial ou total do agregado graúdo natural (brita basáltica) para a produção de concreto de cimento Portland. Verificou que o consumo de água para a produção do concreto com agregado reciclado é mais elevado, sendo que a relação água/cimento efetiva é incerta. Ainda concluiu que, os concretos com agregado reciclado, apresentaram resistência mecânica mais baixa do que os concretos de referência.

Gonçalves e Moura (2007) avaliaram o uso do resíduo da indústria cerâmica, nas propriedades mecânicas de argamassas e concretos. Além disso, abordaram o impacto de substituição de 20% de cimento por resíduo cerâmico moído, na redução do consumo de energia e na emissão de dióxido de carbono (CO₂) considerando-se as particularidades da indústria do cimento e a matriz energética brasileira. Os resultados mostraram um grande potencial da utilização do resíduo da indústria cerâmica como material suplementar para produção de argamassas e concretos, diminuindo as emissões de CO₂ e o consumo de energia.

Alcantara e Nóbrega (2011) abordaram o desenvolvimento de argamassas para revestimento utilizando resíduos de cerâmica vermelha como material pozolânico e/ou agregado alternativo. As autoras, compararam entre as propriedades físicas e mecânicas da argamassa convencional e da reciclada, através de ensaios normatizados como índice de consistência, densidade, retenção de água e resistência à compressão. Os resultados mostram que o teor de substituição de 20% dos agregados gera resultados mais satisfatórios para uma argamassa de revestimento.

Silva (2013) avaliou as propriedades pozolânicas dos resíduos de cerâmica vermelha utilizados como substituição parcial do cimento Portland em argamassas de assentamento e revestimento. Diante disso, os resultados obtidos para resistência mecânica, as argamassas com resíduo cerâmico em sua constituição apresentaram valores inferiores aos das argamassas de referência para os dois tipos de argamassas estudadas para este trabalho aos 14 e 28 dias de cura.

Sales e Alferes Filho (2014), utilizaram o pó de resíduo de cerâmica em substituição parcial ao cimento Portland na produção de concretos. No entanto, concluíram que a substituição do cimento por adição de pó cerâmico, nos teores estudados, não causou significativa redução da resistência mecânica, rigidez e compacidade nos concretos estudados,

indicando a viabilidade de sua aplicação em concretos, com vantagens relacionadas à preservação ambiental, pela incorporação do resíduo cerâmico.

O emprego de agregados reciclados de resíduos da fabricação de telhas de cerâmica vermelha, em camadas de pavimentos de baixo custo ou baixo volume de tráfego foi estudado por Dias (2004), ele verificou que é possível a aplicação deste material em misturas com solos lateríticos, em camadas de pavimentos de baixo volume de tráfego.

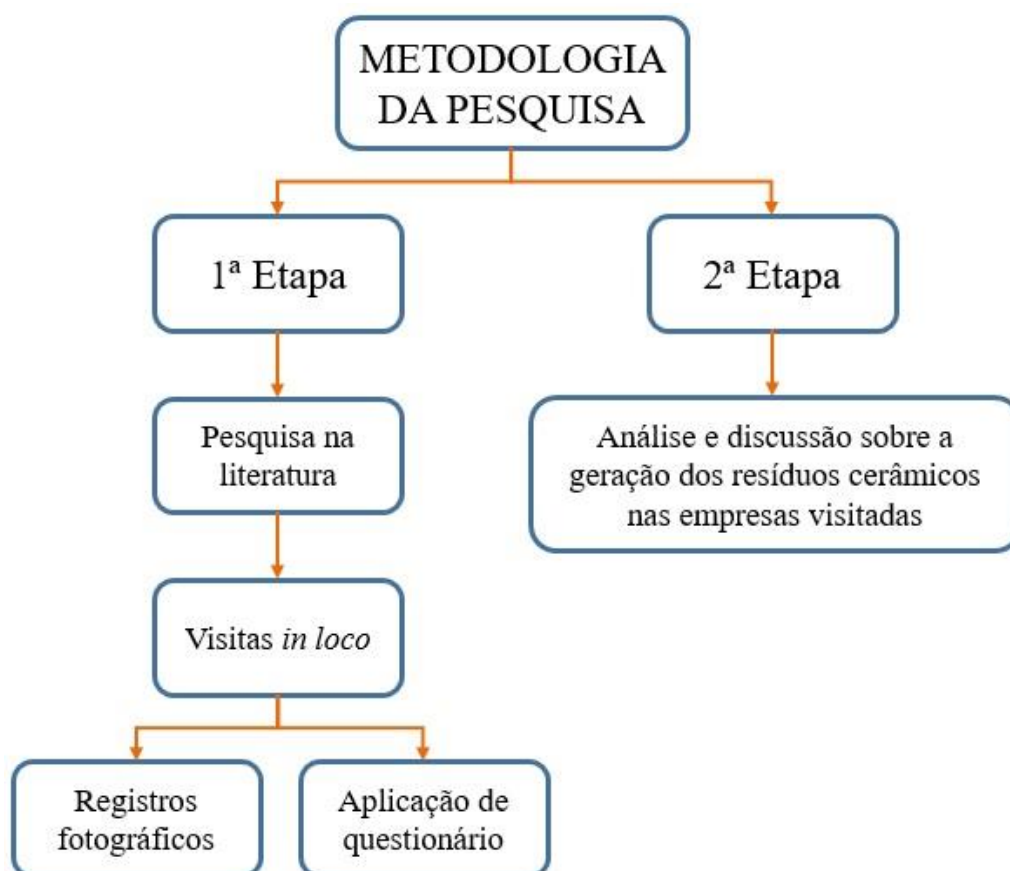
Redivo (2011) analisou a utilização de resíduo de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volume de tráfego. A partir dos resultados obtidos, concluiu que os resíduos de cerâmica vermelha podem ser utilizados em misturas com solo, na construção de camada de pavimentos com baixo volume de tráfego.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

No propósito de melhor entender o estudo do aproveitamento dos resíduos advindos das indústrias de cerâmicas vermelha essa pesquisa tem a abordagem de caráter quantitativo e qualitativo. Quanto aos objetivos, a pesquisa se caracteriza como exploratória e descritiva, pois tem a finalidade de proporcionar mais informações sobre o assunto estudado, permitindo assim, uma visão sob diversos ângulos, técnicas e aspectos.

A análise da geração de resíduos cerâmicos na produção de cerâmicas vermelha e a aplicação destes resíduos na construção civil são fundamentais nesse trabalho. A pesquisa envolveu duas etapas. Na primeira, foi realizado um estudo na literatura e visitas *in loco*. A segunda etapa consistiu na análise e discussão sobre a geração dos resíduos cerâmicos nas empresas visitadas. O esquema apresentado na Figura 3.1, ilustra a metodologia utilizada na pesquisa.

Figura 3.1: Metodologia da pesquisa.



Fonte: Autor, 2016.

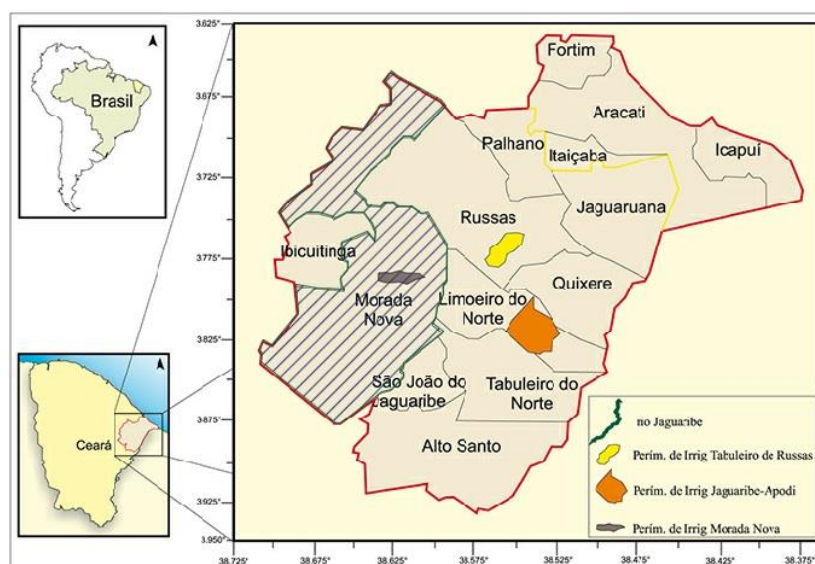
A pesquisa se deu através de consultas em artigos, livros, revistas, monografias, dissertações, teses e os meios eletrônicos, acerca da cerâmica vermelha, seu histórico, o processo de fabricação, suas propriedades, os materiais produzidos, bem como os impactos ambientais a partir dos resíduos industriais.

3.1 VISITAS *IN LOCO*

Foram visitadas duas indústrias de cerâmica vermelha localizadas na cidade de Morada Nova/CE (Figura 3.2), com objetivo de compreender o processo produtivo e a importância de cada etapa na geração dos resíduos.

O município de Morada Nova pertence à mesorregião do Jaguaribe, inserida na microrregião do Baixo Jaguaribe, o qual é dividido em oito distritos administrativos: Aruaru, Boa Água, Juazeiro de Baixo, Lagoa Grande, Pedras, Roldão, Uiraponga e o Distrito Sede; distribuídos em uma área territorial de 2.778,577 km². A sua distância em relação a capital cearense é em torno de 167 km. Segundo o IBGE (2015), o número da população estimada corresponde a 61.903 habitantes. É conhecido culturalmente pela devoção ao Divino Espírito Santo e a Terra do Vaqueiro.

Figura 3.2: Mapa de localização de Morada Nova/CE.

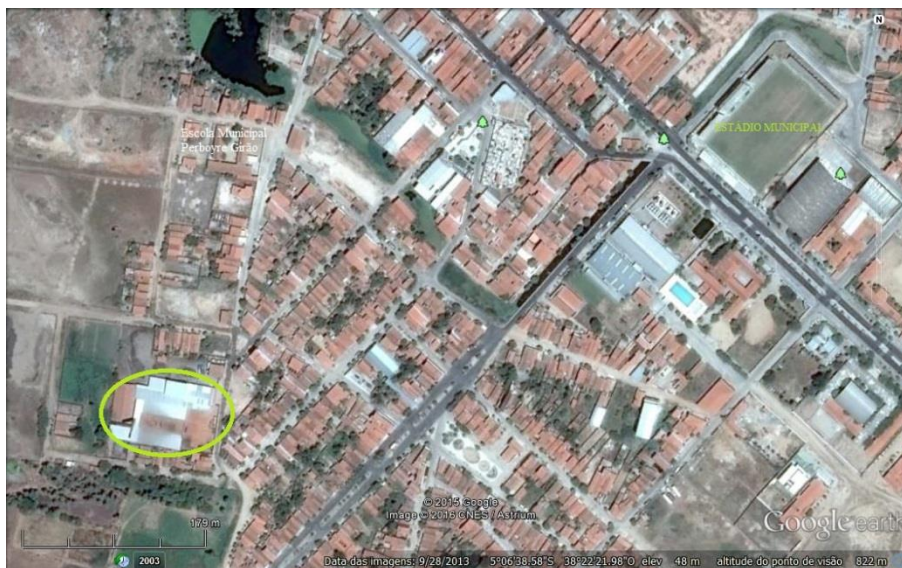


Fonte: Química Nova¹ (2013), Adaptada.

¹ Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense. Disponível em: < <http://www.scielo.br/img/revistas/qn/v36n3/a17figs1.jpg> >. Acesso em: 09 fev. 2016.

As empresas foram identificadas por: indústria A (Figura 3.3) e indústria B (Figura 3.4). O georreferenciamento das indústrias foi conhecido através de um ponto no sistema de referência do Google Earth (2016). A indústria A é situada aproximadamente no ponto $5^{\circ}6'42.11''$ S e $38^{\circ}22'30.94''$ O, e a indústria B $5^{\circ}6'23.81''$ S e $38^{\circ}23'22.75''$ O. Durante a visita foram realizados registros fotográficos e aplicação de questionário (APÊNDICE A).

Figura 3.3: Localização da indústria A.



Fonte: Google Earth (2016), Adaptada.

Figura 3.4: Localização da indústria B.



Fonte: Google Earth (2016), Adaptada.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados alguns dados sobre a produção cerâmica vermelha em Morada Nova/CE, correlacionando à geração de resíduos no processo de produção, de acordo com as observações e os resultados obtidos através da tabulação das informações dos questionários aplicados nas empresas cerâmicas do município.

4.1 ASPECTO EMPRESARIAL

As indústrias de cerâmica vermelha de Morada Nova/CE são caracterizadas pela fabricação somente de tijolos. Essas empresas estão há mais de 20 anos no mercado gerando emprego para mais de 30 famílias. São responsáveis por uma produção em cerca de 940.000 mil peças mensais.

A implantação de atividades industriais, seja qual for, provoca no espaço geográfico a formação de novos arranjos espaciais, alterando, inevitavelmente, a dinâmica social e produtiva do lugar, pois com a instalação desses empreendimentos surge uma diversidade de serviços para dar suporte à realização dessa atividade (NASCIMENTO, 2011). Certamente, com a instalação dessas indústrias no município surgiam vagas de emprego no mercado de trabalho que naturalmente atende a população local. Nesse sentido, passou a ter um fluxo de renda na economia da cidade. Porém, essa atividade acentuou algumas problemáticas ao meio ambiente no que se refere ao uso do solo, a utilização de fontes de energia e a geração de resíduos.

4.2 PROCESSO PRODUTIVO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

Quando se trata de extração da matéria-prima, as jazidas de argila estão disponíveis em território municipal. O critério de seleção da área para extração e o volume extraído da matéria-prima é apresentado na Tabela 4.1. A extração da matéria-prima pela indústria A é realizada quando a população solicita ao empresário a retirada da argila de um certo lote. Que posteriormente será utilizado em atividades rurais, por exemplo, em cultivos de hortaliças e criação de açudes. Já a indústria B, extraí a argila de um barreiro disponível.

Tabela 4.1: Dados da extração mensal da matéria prima.

	CRITÉRIO DE SELEÇÃO	VOLUME EXTRAÍDO (m³)
INDÚSTRIA A	Aproveitamento de área	1200
INDÚSTRIA B	Disponibilidade de área	180

Fonte: Autor, 2016.

No processo de extração da argila muitas vezes utilizam instrumentos mecânicos, que facilitem esse processo como: pás, escavadeiras, retroescavadeiras, tratores, dentre outros. Nota-se que a preocupação ambiental em recuperar a área explorada é remota, uma vez que não se conhece a espessura, a exploração acontece improvisadamente, no entanto, sabe-se da importância do acompanhamento por profissionais qualificados (CARVALHO, 2001² apud SILVA; BARROS, 2014).

Os problemas ambientais causados pela extração da matéria prima são impactantes ao meio ambiente, visto que a retirada de grandes camadas de argila altera o meio ambiente, como ilustrado na Figura 4.1. A extração acarreta problemas ambientais como: exposição do solo à erosão, mudança no relevo, etc. E a maioria das empresas não tem política ambiental para recuperação de áreas degradadas.

A produção de qualquer bem implica, necessariamente, na exploração de recursos naturais e na emissão de rejeitos nos solos, águas e ar, modificando os ecossistemas, e, quanto maior o nível de atividade econômica, maiores os impactos ambientais provocados (SILVA, 2009).

² CARVALHO, O. O. *et al.* (Exs.). **Aperfeiçoamento dos Processos Produtivos e dos Produtos de Cerâmicas do Rio Grande do Norte – Cerâmica Azevedo**. Natal: SEBRAE-FINEP-PATME, 2001.

Figura 4.1: Jazida para retirada da argila.



Fonte: Autor, 2016.

A argila utilizada pela indústria A para produção da cerâmica vermelha passa pelo ensaio de granulometria por peneiramento e esse processo se repete sempre que chega matéria-prima. O traço da correção é 2:1, em que a maior porção é de argila considerada forte e a menor é de argila fraca – possuindo cerca de (35% a 38%) de material arenoso. Assim, ocorre a mistura que em seguida passa pelo processo apresentado na Tabela 4.2. Porém, na indústria B, não ocorre esse estudo e há diferença nas máquinas quando comparada com a indústria A. Também, o tempo de uso das máquinas pela a indústria B é três vezes maior quando comparando com a indústria A.

Como observado na Tabela 4.2 na indústria A, a argila passa pelo caixão alimentador, desintegrador, misturador e laminador. Já na indústria B, o material passa pelo caixão alimentador e segue para o laminador.

Tabela 4.2: Máquina utilizadas para preparação da matéria-prima.

	CAIXÃO ALIMENTADOR	DESINTEGRADOR	MISTURADOR	LAMINADOR
INDÚSTRIA A	X	X	X	X
INDÚSTRIA B	X			X

Fonte: Autor, 2016.

É importante enfatizar que no processo de estocagem (Figura 4.2), conforme Silva e Barros (2014), a argila é retirada de um tipo de solo compatível e depositada em ambiente de solo, muitas vezes, diferenciado. As propriedades da argila podem interferir nas propriedades do solo em que esta é depositada.

Figura 4.2: Processo de estocagem da argila.



Fonte: Autor, 2015.

O tipo de secagem adotado pela indústria A é artificial, nesse sistema a energia é a lenha e a energia elétrica. Por conseguinte, o calor gerado pelos fornos é aproveitado neste processo através de tubulações que o transportam até a estufa. O tempo gasto neste processo é de 15 a 18 horas. Na indústria B, a secagem das peças cerâmicas ocorre na temperatura ambiente, por secagem natural e o tempo gasto é de 7 dias.

O cozimento das peças cerâmicas pelas indústrias é realizado em dois fornos semi-contínuos com energia obtida através de fornecedores. Na indústria A, a energia utilizada é a lenha e gasta 30 horas no processo. A indústria B utiliza a lenha do cajueiro e gasta 36 horas para o cozimento das peças.

A lenha como um tipo de energia é bastante utilizada como combustível para cozimento das peças cerâmicas. Na Figura 4.3, é possível observar a lenha na parte superior do forno. No entanto, a lenha não é um combustível vantajoso, pois é necessário a extração da vegetação em grandes áreas. Além disso, sua queima libera gases prejudiciais ao meio ambiente e aos seres humanos. A poluição atmosférica que com a queima da lenha nos fornos das olarias emitem fuligem para a atmosfera, que causam sérias doenças respiratórias e a poluição do ar (HOLANDA; SILVA, 2011). Hoje existem outros tipos de combustíveis que

podem substituir com facilidade a lenha evitando agressões ao meio ambiente, através da reutilização de materiais como: o bagaço da cana-de-açúcar, serragem e casca do arroz.

Figura 4.3: Lenha na parte superior do forno.



Fonte: Autor, 2015.

Tratando da gestão dos combustíveis, na cidade existe uma fábrica de produção de arroz. Logo, os empresários poderiam fazer acordos para implantar uma política ambiental com o propósito de aproveitar as cascas de arroz como combustível para o cozimento das peças cerâmicas. De acordo com Saidelles et al. (2012), as cascas de arroz podem ser reutilizadas nas caldeiras/fornalhas das indústrias de beneficiamento de arroz. Logo se entende que também pode ser reutilizada nos fornos para cozimento das peças cerâmicas.

A retirada da lenha – cobertura vegetal – traz diversos impactos ao meio ambiente tais como: danos à fauna e flora, aumento do escoamento superficial da água, erosão do solo e desertificação. Essa ação, muitas vezes ocorre de forma ilegal, pois a maioria das empresas não tem licenciamento para tal prática. Além disso, muitas empresas não recuperam e nem conservam essas áreas e as espécies exploradas.

Os compostos gasosos liberados durante a secagem e a queima são derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas, porém os combustíveis podem também contribuir para a emissão de poluentes gasosos (OLIVEIRA; MAGANHA, 2006).

Grigoletti (2001) relata que, as emissões geradas no processo de queima (Figura 4.4) ocorrem devido aos combustíveis utilizados, um exemplo, a lenha. Também existem emissões associadas ao transporte dos insumos e o transporte do produto acabado até o consumidor. A respeito disso, Morgan (1993) diz que, a queima pode liberar compostos gasosos como:

monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃), e óxidos de enxofre (SO_x).

Figura 4.4: Compostos gasosos em liberação.



Fonte: Autor, 2016.

4.3 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CERÂMICOS E DESTINAÇÃO FINAL

O percentual de perdas durante o processo de fabricação de cerâmica vermelha das indústrias foi em média 1,44% (levando em consideração as perdas de cada indústria), o que revela um percentual abaixo da média nacional (10%).

Através dos dados da Tabela 4.3, é possível estimar a quantidade de resíduos gerados nas indústrias visitadas. Para isso, adotou-se o peso médio descrito pelo Ministério de Minas e Energia de 2 kg por peça. Com produção de 940.000 mil peças por mês, as empresas produzem mensalmente, cerca de 35 toneladas de resíduos cerâmicos (soma da quantidade de peças rejeitadas pelas duas indústrias, multiplicada pelo peso de 2Kg por peça – considerando as informações do MME). Os resultados da Tabela 4.3 consideram a quantidade de peças rejeitadas em todo o processo produtivo, ou seja, as peças que não tem padrão de qualidade adotada pelos produtores e que são rejeitadas durante o processo produtivo, são caracterizadas como resíduos e entram para o efeito de cálculo.

Tabela 4.3: Dados considerando todo o processo produtivo, de acordo com os dados das indústrias (mês).

	INDÚSTRIA A	INDÚSTRIA B
Quantidade produzida (unid.)	700.000	240.000
Peças rejeitadas (%)	2,30	0,583
Quantidade de peças rejeitadas (unid.)	16.100	1.400

Fonte: Autor, 2016.

Devido aos recursos tecnológicos utilizados no processo produtivo, o percentual de perdas pode variar de empresa para empresa. De acordo com o MME (2009), a quantidade de resíduo cerâmico gerada após a queima pode variar de 5% (nas cerâmicas mais estruturadas e com tecnologia mais moderna) a 20% (nas cerâmicas mais desorganizadas e defasadas tecnologicamente).

Nessa perspectiva, foram realizadas duas verificações: a primeira, utilizando os dados da literatura e a segunda, utilizando os dados fornecidos pelos empresários.

Considerando os dados da literatura, e utilizando os valores da produção de ambas as indústrias (Tabela 4.4), são geradas 166 toneladas de resíduos cerâmicos.

Tabela 4.4: Dados pós-queima, considerando informações da literatura (mês).

	INDÚSTRIA A	INDÚSTRIA B
Quantidade produzida (unid.)	700.000	240.000
Peças rejeitadas (%)	5	20
Quantidade de peças rejeitadas (unid.)	35.000	48.000

Fonte: Autor, 2016.

Através dos dados apresentados pelos empresários sobre o pós-queima, a indústria A tem 1,3% de perda e a indústria B tem 0,166%. Aplicando esses valores, podemos observar na Tabela 4.5 a quantidade de resíduo cerâmico. Diante do exposto, as empresas produzem mensalmente, cerca de 19 toneladas de resíduos cerâmicos.

Tabela 4.5: Dados pós-queima, considerando informações da pesquisa (mês).

	INDÚSTRIA A	INDÚSTRIA B
Quantidade produzida (unid.)	700.000	240.000
Peças rejeitadas (%)	1,3	0,1666
Quantidade de peças rejeitadas (unid.)	9.100	400

Fonte: Autor, 2016.

O valor obtido pela literatura representa 8,7 vezes a mais que do valor apresentado pelos empresários. A indústria B adota o processo de fabricação não mecanizado e tem uma porcentagem de peças rejeitadas muito baixa quando comparada com a literatura. Todavia, através da observação visual no *layout* da indústria, foi verificado que havia vários resíduos cerâmicos espalhados, que hipoteticamente, teria o valor acima do apresentado.

A etapa de queima é considerada pelos produtores a que mais gera resíduo cerâmico. Os rejeitos produzidos nessa etapa são oriundos do processo de queima irregular das peças cerâmicas, em virtude da não uniformidade do calor dos fornos, da carência de controle de tempo e temperatura; dessa forma, os componentes se deformam ou não queimam adequadamente originando os resíduos cerâmicos, já que as exigências dizem respeito à qualidade do produto (FERREIRA, 2012). Podemos observar na Figura 4.5 os resíduos deformados oriundos da queima irregular.

Figura 4.5: Resíduos cerâmicos.



Fonte: Autor, 2016.

A máxima capacidade de produção não se verifica quando se tem um conjunto produtivo arcaico, com pouca tecnologia, refletindo diretamente na qualidade dos produtos. Consequentemente haverá um maior número de resíduos gerados como pode ser observado pela Figura 4.6. O plano de desenvolvimento do arranjo produtivo local de cerâmica vermelha de Russas/CE (2008), pretende contribuir para desenvolvimento sustentável do Baixo Jaguaribe com a difusão de novas tecnologias e técnicas apropriadas a cada etapa ou operação da cadeia produtiva, visando à redução de perdas e a diminuição dos impactos ambientais.

Figura 4.6: Resíduos cerâmicos gerados pós queima.



Fonte: Autor, 2016.

Antes da destinação final dos resíduos cerâmicos, as peças produzidas passam por uma inspeção visual realizada pelos produtores. Essa verificação consiste em classificar os componentes produzidos, através da cor, da qualidade e da estética, podendo ser observado na Tabela 4.6.

A indústria A divide as peças em 4 classes: cerâmica vermelha, cerâmica marrom, cerâmica de requeima e as bandas. A coloração vermelha significa que os produtos têm uma melhor qualidade, ou seja, o produto tem uma argila bem fracionada e graduada, passou por uma boa secagem e durante o cozimento, a temperatura dos fornos é uniforme. Logo, peças com essa cor podem apresentar melhores propriedades. A coloração marrom ocorre quando as peças não atingiram as propriedades adequadas. Os produtos da requeima são quando os componentes passam do ponto de queima, ficando com a coloração escura ou deformados. Quanto à expansão, as peças passam do ponto de fusão ocorrendo alteração no seu volume. E as bandas, são os componentes que apresentam alguma fissura, ou parte quebrada nos vértices. Assim, os produtores tentam eliminar esses problemas transformando as peças em novas peças com menores dimensões. Quando as peças apresentam características e especificações inadequadas, são utilizadas como material de refugo e por isso são descartadas.

A indústria B, divide as peças em duas classes: cerâmica vermelha e cerâmica arroxeadada. Ambas as características, são iguais ao da indústria A, diferindo apenas quanto à coloração da 2ª classe que é arroxeadada.

Tabela 4.6: Seleção de peças adotada pelas indústrias.

EMPRESAS	CLASSE	CARACTERÍSTICA
Indústria A	1ª	Vermelha
	2ª	Marrom
	3ª	Requeima/Expansão
	4ª	Bandas*
Indústria B	1ª	Vermelha
	2ª	Arroxeadada

*Os blocos cerâmicos são adaptados para 6 furos ou 4 furos; também, podem ser utilizados como material de refugos.

Fonte: Autor, 2016.

Economicamente, os valores dos produtos variam de acordo com a classe pertencente. Os produtos de primeira classe são mais caros e ao aumentar a classe, os produtos irão perdendo seu valor, ficando mais baratos.

O grande desperdício do segmento de cerâmica vermelha compromete a sustentabilidade da atividade ceramista, pois o grande volume de rejeitos implica em uma maior degradação do meio ambiente, seja na extração de matéria prima ou no descarte inadequado (FERREIRA, 2012).

Com base nos questionários e nas visitas *in loco*, os principais destinos finais das peças descartadas, de acordo com as empresas, são:

- a) lixos: forma de entulhos;
- b) aterro: na utilização de preenchimento de área;
- c) vendidos: como material de refugo.

A maioria das indústrias depositam em locais pertencente ou próximo as indústrias, formando pilhas de peças rejeitadas como apresentado na Figura 4.7 e na Figura 4.8. A respeito disso, Silva (2009), relata que, é fácil encontrar grandes áreas nas indústrias cerâmicas brasileiras ocupadas por muitas peças rejeitadas, sem destinação apropriada.

Figura 4.7: Resíduos cerâmicos depositados na indústria A.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 4.8: Resíduos cerâmicos depositados na indústria B.



Fonte: Autor, 2016

As indústrias de fabricação e transformação de materiais produzem, em maior ou menor grau, uma certa quantidade de resíduos que nem sempre são reaproveitados ou têm um destino ecologicamente correto (ISO 14040, 1997). Dar um destino correto aos resíduos cerâmicos e propor aproveitamento em outros processos industriais constitui um grande desafio.

Para Silva (2009), há pesquisas sendo desenvolvidas, com o objetivo de inserir os rejeitos industriais como alternativa de preservação e economia, minimizando os problemas ambientais, proporcionando um destino sustentável para as peças cerâmicas rejeitadas, evitando que elas sejam enviadas aos aterros sanitários.

Existem diversas pesquisas relacionadas a opções de reaproveitamento para o resíduo cerâmico dentro da construção civil, como:

- agregado graúdo em concretos;
- avaliação das propriedades mecânicas em argamassas e concretos;
- desenvolvimento de argamassas para revestimento;
- substituição parcial de pozolana em argamassas e concretos;
- substituição do cimento Portland em concretos;
- pavimentação;
- misturas com o solo;
- em novos produtos cerâmicos.

Alguns destes estudos demonstraram, com sucesso, que a indústria cerâmica pode atuar como grande aliada para consumir alguns tipos de resíduos (FERRARI et al., 2002).

5 CONCLUSÃO

Os produtos de cerâmica vermelha tornaram-se essenciais na história da humanidade, pois é um material que possui qualidades preponderantes quando relacionados aos outros materiais de construção. Sob este prisma, o trabalho teve por objetivo analisar a geração de resíduos de cerâmica vermelha durante o processo produtivo e os possíveis impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha na cidade de Morada Nova/CE.

A partir da análise e discussões dos resultados retratadas no Capítulo 4, são apresentadas a seguir as principais conclusões fundamentadas pela pesquisa.

A atividade ceramista acarreta problemas ao meio ambiente no que se refere ao uso do solo, a utilização de fontes de energia e a geração de resíduos. A extração da matéria-prima, a retirada da vegetação, a liberação de compostos gasosos são atividades impactantes ao meio ambiente. As indústrias pesquisadas não possuem política ambiental para o gerenciamento dos recursos naturais. As empresas fazem a extração da matéria-prima em áreas municipais, nas quais a exploração ocorre de forma improvisada e sem nenhum conhecimento técnico. A grande quantidade de argila extraída acarreta problemas ambientais, em que os produtores não realizam ações para recuperação dessas áreas.

A lenha é a principal fonte de energia para o cozimento das peças cerâmicas. Devido a sua elevada utilização neste processo, é necessária a exploração da vegetação em grandes áreas. Dessa forma, a retirada desta matéria-prima implica em diversos impactos ambientais, tais como: danos à fauna e a flora, desertificação, entre outros. As empresas não recuperam e nem conservam essas áreas e as espécies exploradas. Além disso, no processo de sua queima, há liberação de gases prejudiciais ao meio ambiente e aos seres humanos.

Portanto, visando à preservação ao meio ambiente, existem outros tipos de combustíveis que podem substituir com facilidade a lenha, a exemplo da casca do arroz.

O percentual de perdas durante o processo de fabricação de cerâmica vermelha das indústrias foi em média 1,44%.

Os materiais gerados após a etapa de cozimento que não são úteis para uso ou apresentam defeitos (seja devido ao processo de secagem ou queima, ao aparecimento de fissuras ou a expansão das peças), são considerados resíduos cerâmicos. A etapa de cozimento gera mais resíduos segundo as informações dos produtores. Através dos dados da literatura sobre a etapa do pós-queima que varia de acordo com o grau de tecnologia adotado pelas empresas, verificou-se que ocorre uma porcentagem maior de resíduos gerados para indústrias

que possui um nível tecnológico baixo e uma menor porcentagem para as empresas mais avançadas.

Utilizando os valores da produção de ambas as indústrias, são geradas 166 toneladas de resíduos cerâmicos. Considerando os dados apresentados pelos empresários sobre a etapa do pós-queima, as empresas produzem mensalmente, cerca de 19 toneladas de resíduos cerâmicos.

Este trabalho contribui de forma significativa para o conhecimento do processo produtivo da cerâmica e dos resíduos gerados por ele, com base em relevantes informações obtidas das indústrias de cerâmica vermelha em Morada Nova/CE. Neste sentido, ressalta-se que é de grande importância chamar atenção dos pesquisadores para desenvolver técnicas inovadoras neste âmbito, considerando o setor da cerâmica vermelha tem grande demanda de consumo na construção civil e gera uma grande quantidade de resíduos. Como tal, estas inovações podem garantir a criação de novos produtos a partir desses rejeitos, de tal forma, a reduzir as agressões ao meio ambiente.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando a importância e atenção que devem ser dadas ao meio ambiente, destaca-se que a pesquisa envolve o estudo da geração de resíduos proveniente do processo produtivo da cerâmica vermelha, o que torna de suma importância assegurar trabalhos neste setor, gerando informações relevantes para a preservação da natureza e redução dos resíduos gerados.

Assim, recomendam-se as seguintes pesquisas acerca das cerâmicas vermelhas:

1. Estudo das jazidas e análise da matéria-prima;
2. Viabilidade da troca entre os combustíveis extraído da natureza e os reutilizáveis no processo de queima;
3. Estudo da eficiência na geração de resíduos entre indústrias com alto e baixo recursos tecnológicos;
4. Avaliação dos impactos ambientais causados pelo setor cerâmico;
5. Estudo do ciclo de vida das peças cerâmicas;
6. Caracterização da matéria-prima e dos resíduos cerâmicos;
7. Incorporação dos resíduos cerâmico em outros materiais de construção visando a melhoria das propriedades.

REFERÊNCIAS

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações Técnicas – Processos de Fabricação**. 2011. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=50>>. Acesso em 27 set. 2015.

ACCHAR, Wilson. **Materiais cerâmicos: caracterização e aplicações**/Wilson Acchar – Natal, RN: EDUFRN – Editora da UFRN, 2006.

ABIKO, Alex Kenya. Utilização de cerâmica vermelha na construção civil. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo). Divisão de Edificações do IPT. **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: Pini Editora, 1988. Cap. 1. p. 107-110.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 8041**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - forma e dimensões - padronização. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 6460**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 15270**: Componentes Cerâmicos - Parte 1: Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270**: Componentes Cerâmicos - Parte 2: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, Requisitos e Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

ALCANTARA, Paloma Santos Xavier de; NÓBREGA, Ana Cecília Vieira da. DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO UTILIZANDO RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA DE CARUARU/PE COMO MATERIAL POZOLÂNICO E/OU AGREGADO ALTERNATIVO. In: II SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFPE – CAMPUS CARUARU, 2011, Caruaru. **Artigo**. Caruaru, 2011. p. 1 - 10.

ANICER. O suprimento de matérias-primas para a indústria de cerâmica vermelha no Brasil **Revista da ANICER**, Ano 14, ed. 73, p. 24, 2011.

BRASIL. Governo de Sergipe. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e da Ciência e Tecnologia. **PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO ARRANJO PRODUTIVO DE CERÂMICA VERMELHA SERGIPANA**. Aracaju, 2008. 32 p.

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

DIAS, João Fernando. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo.** 2004. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS - FIEMG; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. (Brasil). **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA.** Belo Horizonte, 2013. 31 p.

FERRARI, Kátia Regina et al. Ações para a Diminuição da Geração de Resíduos na Indústria de Revestimentos Cerâmicos e a Reciclagem das “Raspas”. Parte I: Resultados Preliminares. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, p.38-41, mar. /abr. 2002.

FERREIRA, Ruan Landolfo da Silva. **Identificação e disposição final dos resíduos sólidos gerados na fabricação de cerâmica vermelha no Vale do Assú/RN.** 2012. 66 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Angicos, RN: UFERSA, 2012.

FIRJAN - (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro). Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo. Rio de Janeiro: GMA, 2006.

FONSECA, Adriana Pinheiro. **ESTUDO COMPARATIVO DE CONCRETOS COM AGREGADO GRAÚDO RECICLADO DE TELHA CERÂMICA E AGREGADO GRAÚDO NATURAL.** 2006. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

GONÇALVES, Jardel Pereira; MOURA, Washington Almeida. USO DE RESÍDUOS SÓLIDOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO: UMA ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Diálogos & Ciência**, 10, p.1-15, maio 2007.

GRIGOLETTI, Giane de Campos. **CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.** 2001. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

HOLANDA, R. M.; SILVA, B. B. Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 04, n. 04, p. 872–890, 2011.

HOLLANDA, S. B. **História da civilização.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1975.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO 14040 – Environmental management: Life cycle assessment – Principles and framework. Jun. 1997.

IBGE. **CIDADES@**: Ceará - Morada Nova. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=230870&search=||info%EF5es-completas>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Bloco Cerâmico (Tijolo)**. 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp?iacao=imprimir>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Aplicação de cacos cerâmicos**: Estudo do IPT analisa formas de uso dos resíduos de cerâmica vermelha, visando reduzir passivos ambientais. 2014. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=780>. Acesso em: 05 out. 2015.

KAZMIERCZAK, Claudio de Souza. Produtos de Cerâmica Vermelha. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 18. p. 563-585.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Análise-síntese da transformação mineral no Brasil**. Brasília: SGM, 2009.

MORGAN. D.J. Thermal analysis including evolved gas analysis of clay raw materials. *Applied Clay Science*, 8 (1993) p. 81-89.

NASCIMENTO, Waldécio Sávio dos Anjos do. **AValiação dos Impactos Ambientais Gerados por uma Indústria Cerâmica Típica da Região do Seridó/RN**. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

NASCIMENTO, Judicleide de Azevedo. **O Circuito Espacial da Indústria de Cerâmica Vermelha no Seridó Potiguar**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

OBERMEIER, H.F., VIEIRA, V. N. Construção com tijolos e blocos estruturais na Alemanha e no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 42, 1998, Poços de Caldas. Anais ... São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1998, v.1.

OLIVEIRA, Maria Cecília; MAGANHA, Martha Faria Bérnils. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas brancas e de revestimento**. São Paulo: CETESB, 2006.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 7ª ed. Porto Alegre: Globo, 1982. 435p.

PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE CERÂMICA VERMELHA DE RUSSAS, 2008. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1247146751.pdf>. Acesso em 22 abr. 2016.

REDIVO, Israel Maccari. **Utilização de resíduo de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volume de tráfego**. 160 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2011.

SAIDELLES, Ana Paula Fleig et al. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p.904-916, 2012.

SALES, A. T. C.; ALFERES FILHO, R. dos S. Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 113-125, jan./mar. 2014.

SEBRAE. **Cerâmica Vermelha**. Estudos de mercado SEBRAE/ESPM – relatório completo. São Paulo: Sebrae Nacional, 2008.

_____. **CERÂMICA VERMELHA - Panorama do mercado no Brasil**: Boletim de Inteligência. 2015.

SILVA, Amanda Vieira e. **ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NO ESTADO DO CEARÁ – DA EXTRAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA À FABRICAÇÃO**. 2009. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SILVA, Elisllayni Lopes. **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA COMO SUBSTITUIÇÃO POZOLÂNICA EM ARGAMASSAS**. 2013. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2013.

SILVA, Cicera Diedja Cordeiro da; BARROS, Janaina Viana. IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS NA INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA. **Revista Diálogos**, n. 12, p.203-217, set. 2014.

VERÇOSA, Enio José. MATERIAIS CERÂMICOS. In: BAUER, L. A. Falcão (Coordenador). **Materiais de Construção**. Vol. 2; revisão técnica João Fernando Dias. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. Cap. 18. p. 526-570.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CÂMPUS PAU DOS FERROS

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA EM
MORADA NOVA/CE**

EMPRESA: _____

ENTREVISTADO: _____

DATA: ____/____/____

1. EMPRESA

1.1 Quantos funcionários a empresa tem no seu quadro? _____

1.2 Tempo de existência da empresa? _____

2. EXTRAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

2.1 Qual foi o critério de seleção da(s) área(s) para extração da matéria-prima?

2.2 Qual distância da jazida até a fábrica?

2.3 Localidade da jazida?

2.4 Qual volume de argila extraído mensalmente?

3. PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

3.1 Quais etapas presentes (dosagem, maceração, correção, amassamento)?

3.2 Quais máquinas são utilizadas neste processo? Idade das máquinas?

4. MOLDAGEM

4.1 Qual máquina é utilizada neste processo? Idade da máquina?

4.2 Capacidade de produção do equipamento mensalmente?

4.3 Quantidade de peças geradas no processo de moldagem mensalmente?

4.4 É feito descarte de peças com defeitos?

☐ Sim ☐ Não

4.5 Quantas peças são descartadas mensalmente? E por quê?

4.6 Qual é o destino dado às peças descartadas?

5. SECAGEM

5.1 Tipo de secagem

☐ Natural ☐ Artificial

5.2 Energia utilizada?

☐ Luz solar ☐ Lenha ☐ Serragem ☐ Palha de arroz ☐ Outra. Qual? _____

5.3 Origem da fonte de energia?

☐ Na própria indústria ☐ Fornecedor

5.4 Capacidade de produção do processo mensalmente?

5.5 Existe o reaproveitamento de energia gerada pelo forno?

☐ Sim ☐ Não

5.6 Como é feito o reaproveitamento?

5.7 Número de peças encaminhadas para a secagem mensalmente?

5.8 Tempo gasto no processo?

5.9 É feito descarte de peças com defeitos?

☐ Sim ☐ Não

5.10 Quantas peças são descartadas mensalmente? E por quê?

5.11 Qual é o destino dado às peças descartadas?

6. COZIMENTO

6.1 Tipo de forno utilizado para cozimento?

6.2 Energia utilizada?

☐ Luz solar ☐ Lenha ☐ Serragem ☐ Palha de arroz ☐ Outra. Qual? _____

6.3 Origem da fonte de energia?

☐ Na própria indústria ☐ Fornecedor

6.4 Número de peças encaminhadas para o forno mensalmente?

6.5 Qual a produtividade mensalmente?

6.6 Tempo gasto no processo?

6.7 É feito descarte de peças com defeitos?

☐ Sim ☐ Não

6.8 Quantas peças são descartadas mensalmente? E por quê?

6.9 Qual é o destino dado às peças descartadas?

7. PRODUTO FINAL

7.1 Como são selecionadas as peças que serão vendidas?

7.2 Há estocagem?

7.3 Quantas peças são descartadas mensalmente?

7.4 Qual é o destino dado às peças descartadas?

7.5 Quantidade fabricadas mensalmente?

Produto	Especificações	Quantidade
Tijolo		
Blocos		
Telhas		

7.6 Quantidade de peças vendidas mensalmente?

Produto	Quantidade
Tijolo	
Blocos	
Telhas	

8. RESÍDUOS

8.1 A empresa tem política ambiental?

8.2 A empresa segue algum tipo de licenciamento ambiental? Qual?

8.3 A empresa possui alguma certificação ambiental? Qual?

8.4 Acredita que a gestão ambiental contribui para diminuição dos resíduos? Por quê?

8.5 Existe prática dentro da empresa para diminuição dos resíduos?

8.6 Existe algum controle para o gerenciamento dos resíduos?

8.7 Qual fase do processo de fabricação você considera que mais degrada o meio ambiente (gera resíduos)?

- ☐ Extração
 ☐ Preparação
 ☐ Moldagem
 ☐ Secagem
 ☐ Cozimento
 ☐ Comercialização