



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

VINICIUS JOSÉ CORREIA ARLINDO

**PEGADA HÍDRICA NO SISTEMA PRODUTIVO DE UMA OLARIA DE
CERÂMICA VERMELHA NO CEARÁ**

PAU DOS FERROS

2019

VINICIUS JOSÉ CORREIA ARLINDO

**PEGADA HÍDRICA NO SISTEMA PRODUTIVO DE UMA OLARIA DE
CERÂMICA VERMELHA NO CEARÁ**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra

Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Luis De Oliveira Pinto Filho

PAU DOS FERROS

2019

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Centro multidisciplinar de Pau dos Ferros (BCPDF)
Setor de Informação e Referência (SIR)

A 723p	Arlindo, Vinicius José Correia. Pegada hídrica no sistema produtivo de uma olaria de cerâmica vermelha no Ceará / Vinicius José Correia Arlindo. - 2019. 45 f: il. Orientador: Joel Medeiros Bezerra. Coorientador: Jorge Luis De Oliveira Pinto Filho. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, 2019. 1. Indústria cerâmica. 2. Impactos ambientais. 3. Pegada hídrica. I. Bezerra, Joel Medeiros, orient. II. Filho, Jorge Luis De Oliveira Pinto, co-orient. III. Título.
-----------	--

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VINICIUS JOSÉ CORREIA ARLINDO

**PEGADA HÍDRICA NO SISTEMA PRODUTIVO DE UMA OLARIA DE
CERÂMICA VERMELHA NO CEARÁ**

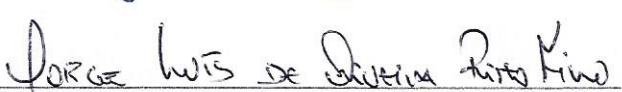
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Defendida em: 20 / 03 / 2019

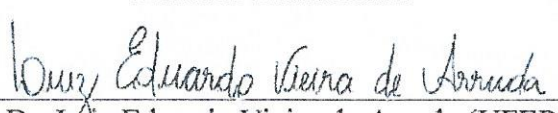
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Jorge Luis De Oliveira Pinto Filho (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Luiz Eduardo Vieira de Arruda (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo suporte e pela base, em especial meu pai João Maria Arlindo e minha mãe Valdicleia Correia Nogueira.

Aos meus orientadores acadêmicos meus mais sinceros agradecimentos. Foram ao longo da graduação exemplos e espelhos de profissionais. Em especial os professores Joel Medeiros Bezerra e Jorge Luis De Oliveira Pinto Filho, que me orientaram de forma excepcional ao longo de todo o curso, no âmbito acadêmico e na vida.

Aos meus amigos que me ajudaram de forma direta e indireta e contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal, meu muito obrigado.

“Sem GPS pra vitória, cada um faz seu destino”

(Kleber Cavalcante Gomes)

RESUMO

O segmento industrial é grande responsável por impactos significativos no meio ambiente, seja pelo consumo de recursos naturais, ou seja, pela utilização do ambiente como meio de diluição da poluição gerada. O setor cerâmico, onde se enquadra a indústria de transformação de minerais não metálicos, não diferente dos outros segmentos, também apresenta impactos relevantes sobre o meio. A produção de blocos cerâmicos, indústria de grande presença no nordeste do Brasil, apresenta aspectos produtivos relacionados diretamente ao solo, ar e água. Desta forma, é importante que tais aspectos sejam estudados a fim de entender seus impactos e danos. O presente trabalho tem como objetivo realizar a pegada hídrica no sistema produtivo de uma olaria de cerâmica vermelha no Ceará. Utilizando a pegada hídrica como ferramenta de análise do uso de um recurso, de modo a observar um valor inferior ao esperado quando comparado a estudos semelhantes. Tal fato será discutido principalmente relacionando-se a interferência climática que afeta diretamente um dos principais insumos, a argila.

Palavras-chave: Indústria cerâmica; impactos ambientais; racionalização de recursos.

ABSTRACT

The industrial segment is largely responsible for significant impacts on the environment, either by the consumption of natural resources, that is, by the use of the environment as a means of diluting the pollution generated. The ceramic sector, where the non-metallic mineral processing industry is located, not unlike the other segments, also has relevant impacts on the environment. The production of ceramic blocks, an industry of great presence in northeastern Brazil, presents productive aspects directly related to soil, air and water. Therefore, it is important that such aspects should be studied in order to understand their impacts and damages. The present work has as objective to realize the water footprint in the productive system of a pottery of red ceramics in the state of Ceará. Using the water footprint as a tool to analyze the use of a resource, in order to observe a lower value than expected when compared to similar studies. This fact will be discussed mainly by relating the climatic interference that directly affects one of the main inputs, the clay.

Keywords: Ceramics industry; environmental impacts; rationalization of resources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual da produção de cerâmica vermelha por região do Brasil, em 2008.	14
Figura 2 - Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no estado do Ceará	15
Figura 3 - Ferramentas utilizadas no processo de avaliação.	18
Figura 4 – Esquema de cálculo de Pegada Hídrica para um produto	20
Figura 5 – Área de estudo.....	22
Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo da empresa cerâmica	22
Figura 7 – Representação da área e estrutura do empreendimento.	23
Figura 8 – Poço artesiano utilizado pelo empreendimento.	26
Figura 9 – Argila armazenada sendo movida para entrar no processo produtivo.	28
Figura 10 – Adição de água à argila.....	28
Figura 11 – Processo de moldagem: A) laminação e B) extrusão.....	29
Figura 12 – Processo de secagem das peças.....	30
Figura 13 – Colaboradores distribuindo as peças cerâmicas no forno e a lenha utilizada na alimentação, respectivamente.....	30
Figura 14 – Peças prontas no local de estocagem (próximas à área de carregamento) e carregamento de um caminhão de entrega, respectivamente.	31
Figura 15 – Principais etapas do processo produtivo, recursos utilizados e impactos considerados.	32
Figura 16 - Reutilização de peças cerâmicas defeituosas.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais atividades, aspectos e impactos considerados.....	32
Tabela 2 – Medidas mitigadoras e ações para os impactos considerados.	33
Tabela 3 – Produção de blocos cerâmicos por dia.....	36

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. PANORAMA DO SETOR DA INDÚSTRIA CERÂMICA NO BRASIL	13
2.2. IMPACTOS AMBIENTAIS	15
2.3. GESTÃO AMBIENTAL	16
2.4. PEGADA HÍDRICA	17
3. METODOLOGIA	19
3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INICIAL	25
4.2. USO DOS RECURSOS NATURAIS E INSUMOS	25
4.3. PROCESSO PRODUTIVO	27
4.3.1. Extração da argila	27
4.3.2. Umedecimento	28
4.3.3. Moldagem	29
4.3.4. Secagem	29
4.3.5. Queima	30
4.3.6. Estocagem e venda	31
4.4. IMPACTOS CONSIDERADOS	31
4.5. PEGADA HÍDRICA	35
4.6. MEDIDAS REALIZADAS PELO EMPREENDIMENTO	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

O segmento industrial é responsável pelo maior número de impactos significativos sobre o meio ambiente, seja pelo consumo de grande quantidade de matéria prima advinda de recursos naturais, seja pelo o uso dos compartimentos ambientais como meio receptor dos resíduos, gases e efluentes gerados ao longo do processo produtivo (DIAS et al., 1999).

O setor cerâmico compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas. É um setor amplo e heterogêneo, o qual se faz necessário dividi-lo em subsetores ou segmentos em razão de diversos fatores, como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização (ABDI, 2016).

A indústria de transformação de minerais não metálicos, onde se enquadra o segmento produtivo de cerâmica vermelha, está inserida no grupo das principais indústrias tradicionais da região Nordeste do Brasil, ao lado das indústrias de alimentos, bebidas, vestuário, entre outras (BNB, 2010).

No setor cerâmico a característica de consumo de recursos é observada nos dois sentidos, o de consumo de recursos naturais e o do meio como suporte para os impactos gerados. De modo que é fundamental que seu processo produtivo, e sua gestão seja observada e melhorada de forma contínua.

O caráter informal desses empreendimentos traz à tona questões relativas a eficiência de gestão e de processos que devem ser observadas frente ao potencial do setor em questões ambientais. O alto uso de recursos naturais, principalmente água, argila e biomassa, é o ponto essencial para a preocupação sobre a eficiência dos processos.

No âmbito ambiental, é importante destacar o impacto significativo de empreendimentos desse segmento, sejam negativos, referentes à extração e consumo de matérias-primas (argila, lenha, água, etc.), as emissões gasosas de material particulado proveniente da queima e da fumaça dos maquinários, e dos rejeitos, tal como a exploração de água superficial ou subterrânea, podendo desencadear cenários de conflitos frente aos usos deste recurso, ou seja, ainda positivos, referentes à produção de materiais para a indústria civil e a geração de renda, principalmente nas localidades do interior (ABDI, 2016).

A análise dos processos produtivos, dentro do âmbito ambiental, de uma empresa pode contribuir para uma melhor eficiência de seus processos e de uso dos recursos, contribuindo não só para uma vertente sustentável como também auxiliando a empresa a tomar melhores decisões. Essa contribuição necessita, no entanto, do atendimento dos objetivos propostos em sua política ambiental empresarial, que irão guiar o processo de estudo e de obtenção de dados,

possibilitando assim uma análise pontual e uma proposição adequada de soluções, sejam elas técnicas ou de gestão.

Um modo que as empresas encontraram de medir e controlar seu desempenho ambiental dos processos seria diante dos resultados obtidos pela aplicação de suas estratégias de mitigação dos efeitos da produção industrial no meio ambiente (LUZ et al., 2006). Para tanto, foram criados modelos e metodologias que possam ajudar a verificar o desempenho ambiental e reduzir a poluição, aumentando a sustentabilidade ambiental nas operações das empresas.

Percebe-se a urgência do estudo destes processos e se observa uma produção não eficiente e um modelo ultrapassado de exploração que não se preocupa quanto aos recursos e sua disponibilidade. Nesse quesito, a água é um dos principais recursos utilizados pela indústria, seja como insumo, como energia, ou como manutenção, recurso este que não tem diminuição na sua demanda.

A demanda global por água vem aumentando a uma taxa de cerca de 1% ao ano em função do crescimento populacional, desenvolvimento econômico e mudança nos padrões de consumo, entre outros fatores, e continuará a crescer significativamente nas próximas duas décadas. A demanda industrial e doméstica por água aumentará muito mais do que a demanda agrícola, embora a agricultura permaneça o maior usuário geral. A grande maioria do crescimento da demanda por água ocorrerá em países desenvolvidos ou em economias emergentes (UNWATER, 2018).

No assunto água, tem-se o âmbito quantitativo e qualitativo. No âmbito quantitativo existem diversos estudos sobre o consumo de água por populações e pela indústria, porém tais números ocultam os usos indiretos da água envolvidos no processo de produção por exemplo. Desta maneira, existem ferramentas que auxiliam na quantificação deste uso, e uma delas é a pegada hídrica (Water footprint). Inserida na ISO 14000 de classificação SC 5 – Análise do Ciclo de Vida (ACV) e desenvolvida em 2014 através da *International Organization for Standardization* (ISO) em português, Organização Internacional para a Normalização, a ISO 14046 – Pegada Hídrica, mede a quantidade de água utilizada para fabricar e colocar um produto a disposição do mercado ou do consumidor.

A Pegada Hídrica é especificamente aplicada na questão da utilização dos recursos hídricos e representa o volume de água total gasto na cadeia produtiva de um bem ou serviço, bem como o consumo direto e indireto no processo de produção. A Pegada Hídrica funciona então como um indicador bem mais abrangente que o conceito tradicional e restrito de captação de água (CARVALHO; BERENGUER, 2016).

De modo que a utilização desta ferramenta é interessante para o consumidor assim como para produtores ou empresas, possibilitando que estes avaliem a utilização de água no processo produtivo assim como na empresa, a fim de identificar possíveis diminuições de uso assim como a adoção de práticas mais eficientes.

Diante disso, a análise da eficiência dos processos envolvidos na olaria através de um diagnóstico da situação de base e da ferramenta pegada hídrica se torna importante frente o contexto hídrico da região em que o empreendimento se encontra, inicialmente através da caracterização das atividades, e de uma avaliação ambiental inicial dos processos de exploração dos insumos. Resultando em uma análise sobre a sustentabilidade da Pegada Hídrica de todo processo produtivo da olaria.

Diante dessa perspectiva, a produção científica objetiva uma análise da realidade de forma a produzir discussões e transformações. Dessa forma, a maior produção de estudos e conteúdos sobre cerâmicas, seus processos, impactos e gestão ambiental, se tornam essenciais para uma transformação que já vem ocorrendo em empresas com maior suporte financeiro e expostas a uma maior fiscalização referente à legislação aplicada. De modo que essa transformação pode acontecer onde há uma maior concentração desses empreendimentos como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) destacaram, que são no interior, próximo as jazidas de argilas.

Objetiva-se com o presente trabalho mensurar a pegada hídrica no sistema produtivo de uma olaria de cerâmica vermelha no Ceará. Para desenvolvimento da presente pesquisa faz-se necessário contemplar os seguintes objetivos específicos: realizar uma avaliação ambiental inicial e uma descrição sobre o uso dos recursos naturais e insumos e sobre o processo produtivo do empreendimento produtor de blocos cerâmicos. Identificar alguns dos principais impactos ambientais decorrentes das atividades observadas; mensurar a pegada hídrica relacionada à produção de blocos cerâmicos de 8 furos, e apontar algumas medidas realizadas pelo empreendimento relacionadas aos produtos e insumos.

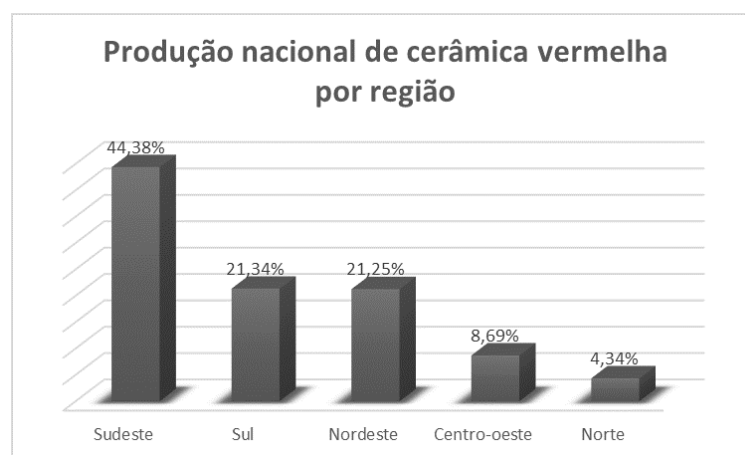
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PANORAMA DO SETOR DA INDÚSTRIA CERÂMICA NO BRASIL

O mercado ceramista tem faturamento superior a R\$18 bilhões anuais. Dados de 2008 informam que mensalmente são produzidos mais de 4 bilhões de blocos de vedação e estruturais, e 1,3 bilhões de telhas (ANICER, 2008). O Sudeste e Sul são as regiões de maior

produção no Brasil, enquanto o Nordeste apresenta bom desempenho principalmente pelo aumento na demanda por estes materiais atrelados ao crescimento do setor de construção civil na região (BNB, 2010), conforme Figura 1.

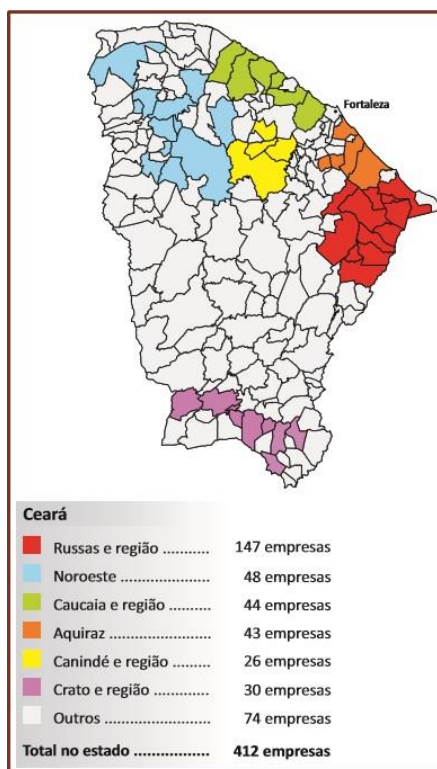
Figura 1 - Percentual da produção de cerâmica vermelha por região do Brasil, em 2008.



Fonte: Adaptado SEBRAE, 2015.

De acordo com Maurício Francisco Henriques Junior et al. (2013), através do Programa da Agência Suíça para o Desenvolvimento e Cooperação (COSUDE, 2013), e o Programa de Eficiência Energética na Indústria de Cerâmica Vermelha – EELA, no estado do Ceará em 2013 havia cerca de 410 empresas, com produção média mensal de 207.000 milheiros, com predominância de produção de tijolos (65%) e telhas (32%), além de uma pequena parcela de lajotas (2%) e outros produtos, ver Figura 2.

Figura 2 - Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no estado do Ceará



Fonte: Instituto Nacional de Tecnologia – Projeto EELA, 2013.

Bustamante e Bressiani (2000) destacam que a indústria é economicamente importante e impactante, seja referente aos recursos produzidos, seja referente aos impactos causados pela instalação de um empreendimento de grande raio de atuação de vendas.

Movimenta ao redor de 60.000.000 de toneladas de matérias primas ao ano, com reflexos nas vias de transportes, e no meio ambiente de lavra de argila. Seu raio médio de ação quanto ao envio dos produtos está em 250 km, a partir do qual o transporte inviabiliza. Para as telhas o alcance é maior podendo estar nos 500 km havendo casos de 700 km para telhas especiais. Calcula-se que o valor da produção anual pode estar ao redor de US\$ 2 500 milhões. Essa renda fica nos locais de produção, com alto significado social na criação de emprego ao propiciar a construção em geral principalmente moradias (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000, p. 31).

2.2.IMPACTOS AMBIENTAIS

Impacto ambiental de acordo com a ABNT NBR ISO 14.001/2004 é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização. A partir disso, percebe-se a importância das organizações quanto à abordagem dos impactos ambientais.

De modo que, para auxiliar na identificação e mensuração de tais impactos, tem-se a avaliação de impactos ambientais. Para Dias (2011), essa avaliação constitui um instrumento que busca minimizar os custos ambientais e sociais de um projeto determinado e maximizar os benefícios, através da adoção de condicionantes e da busca por eficiência.

A forma de avaliação dos impactos pode ser realizada através da observação de eficiência dos processos, ou pela análise de índices. Santos (2011) em seu livro de Avaliação Ambiental de Processos industriais destaca algumas metodologias que podem ser utilizadas, entre elas é destacada a de Itsubo et al. (2004) que destacam alguns indicadores para 10 categorias de impacto ambiental, que são: aquecimento global, destruição da camada de ozônio, acidificação, eutrofização, formação de oxidantes fotoquímicos, toxicidade, consumo de recursos naturais, consumo de energia, destruição do oxigênio dissolvido em águas naturais e distúrbio local por material particulado na atmosfera.

Para cada indicador se constrói índices que representam a pressão ambiental. Essa análise é essencial para quantificar o impacto dos empreendimentos no meio ambiente, e entender suas relações nos locais que estão inseridos.

2.3.GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental empresarial pode ser entendida, de acordo com Barbieri (2011), “como as diretrizes e as atividades administrativas e operacionais [...] realizadas com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, tanto reduzindo, eliminando ou compensando os danos ou problemas causados pelas ações humanas [...]”. Já Gutierrez (2013) considera que a preocupação ambiental perpassa pelo processo de globalização, alcançando as empresas mais competitivas internacionalmente e as forçando a ter uma postura mais proativa. De modo que para Dias (2011), muito dessa mudança de postura se dá pelas pressões exercidas pelos diversos agentes sociais externos à organização.

Além disso, Assumpção (2014) discute a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) como uma oportunidade empresarial, visto que é possível a eliminação de desperdícios e uma consequente redução de custos.

O SGA é uma ferramenta de utilização pela gestão que busca sempre a melhoria contínua de processos, produtos ou serviços. Geralmente é implementado pela alta direção através do suporte de um profissional capacitado. Para Dias (2011), entre os principais objetivos do SGA estão a melhoria contínua, relacionada aos processos, visando sempre um melhor aproveitamento da matéria prima e uma melhor destinação dos resíduos, uma melhoria de imagem através do marketing ambiental, e o atendimento a legislação vigente. Podendo ter

por objetivo apenas a melhoria do empreendimento ou uma certificação ambiental, como por exemplo, do grupo da Organização Internacional para Padronização, em inglês *International Organization for Standardization* ISO.

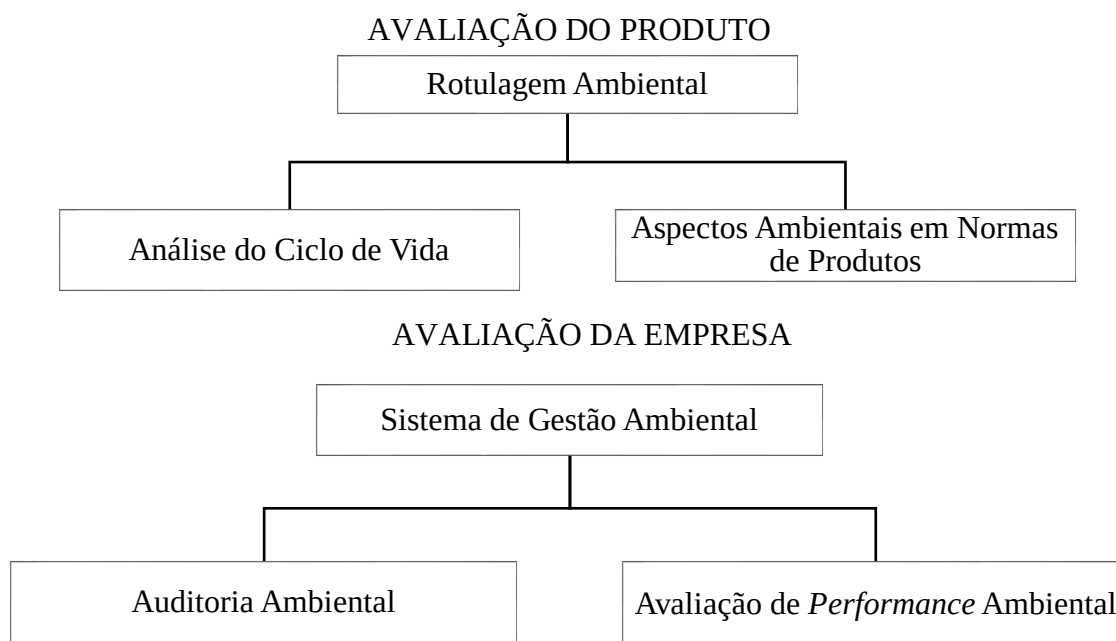
2.4. PEGADA HÍDRICA

A pegada hídrica é um indicador do uso de água doce que não se baseia apenas o uso direto da água de um consumidor ou produto, considera também o uso indireto da água. A ideia de considerar o consumo de água ao longo das cadeias produtivas e de abastecimento ganhou notoriedade após a introdução do conceito de pegada hídrica por Hoekstra em 2002. A pegada hídrica pode ser considerada como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, ao lado da medida convencional de água retirada. Essa ferramenta quando aplicada a um produto, se baseia no volume de água doce utilizada para produzir o mesmo, medido ao longo da cadeia produtiva. É um indicador multidimensional (Hoekstra, et al. 2011).

Essa ferramenta é expressa em termos de volume de água por unidade de produto ou volume de água por unidade de tempo. A pegada hídrica de um processo é expressa como volume de água por unidade de tempo. Quando dividido sobre a quantidade de produto resultante do processo, ele também pode ser expresso como volume de água por unidade de produto (Hoekstra, et al. 2011), que é o conceito que será utilizado para realização deste trabalho.

A pegada hídrica foi utilizada como ferramenta por autores como Hoekstra, Mekonnen, Aldaya, geralmente relacionados ao gênero alimentício e agrícola, visto a grande quantidade de água utilizada. Silvestri e Ribeiro, em 2017, utilizaram da mesma ferramenta para aplicação em telhas cerâmicas, Skouteris *et al.*, utilizaram em uma empresa de fabricação de tijolos no sudeste da Inglaterra; estudos que serão utilizados como base para comparação.

Em meio à literatura voltada à abordagem técnico-científica tem-se que existe uma grande aplicabilidade das técnicas de ACV. Para Santos (2011), internamente as indústrias podem utilizar tais técnicas para o desenvolvimento de novos produtos ou otimização de produtos e processos já existentes. Externamente, pode ser utilizado para divulgação das melhorias dos aspectos ambientais de produtos e processos, ou ainda comparar qualidades ambientais com concorrentes, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Ferramentas utilizadas no processo de avaliação.

Fonte: Adaptado de Santos (1998)

Dentre os principais procedimentos para uma ACV, ainda de acordo com Santos (2011), tem-se: a definição do escopo e dos objetivos; análise do inventário; análise dos impactos; e interpretação. De modo que para o segmento industrial, pode ser realizada a divisão dos processos envolvidos na confecção dos produtos. No caso em estudo, a divisão dos processos de produção dos materiais cerâmicos é essencial para a busca por deficiências e para uma tomada de decisão particular para cada problemática encontrada após o processo de interpretação das informações e dados obtidos.

3. METODOLOGIA

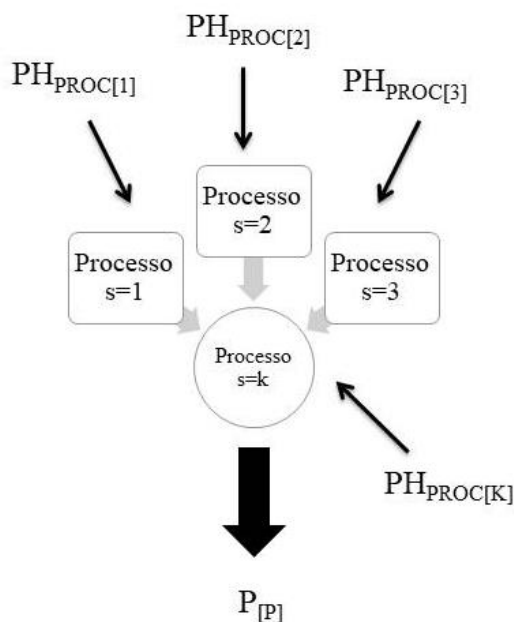
O presente trabalho, dentro de um objetivo de análise ambiental inicial, caracteriza-se como um estudo de caso, que se adequa as análises de “como” e “por que”, como define Yin (2001) em uma pesquisa de caráter exploratório e descritivo. Exploratório por abordar uma investigação aprofundada do empreendimento e do assunto ainda pouco abordado na literatura e descritivo por apresentar as características presentes inicialmente através do diagnóstico realizado, sem alterar as características. Este estudo demandou o emprego de ferramentas como a aplicação de questionários, análise de dados e entrevista com os proprietários para uma melhor análise e obtenção de dados de campo.

Foi necessário ainda o levantamento de dados, obtenção de informações e registros fotográficos do empreendimento para que haja uma análise e uma descrição da realidade local.

De início, foi necessária uma pesquisa bibliográfica referente à família ISO 14000, iniciando com a Análise de Ciclo de Vida (ACV) e com a Pegada Hídrica, principalmente no que se referem aos critérios estabelecidos pelas ISO, assim como levantamento bibliográfico de materiais complementares acerca do assunto. Materiais como o *The Water Footprint Assessment*, um manual técnico sobre estudo nessa área, são de grande importância para guiar as fases de estudo assim como auxiliar nos procedimentos adotados.

A análise referente ao produto depende exclusivamente da análise dos processos (Figura 4), de modo que a Pegada Hídrica referente ao produto pode ser obtida analisando a Pegada Hídrica dos processos envolvidos, e o foco de análise final pode ser alterado quando pensasse sobre a sustentabilidade, visto que poderá ter uma maior importância na análise dos processos ou mesmo do próprio produto, onde:

Figura 4 – Esquema de cálculo de Pegada Hídrica para um produto



Fonte: Adaptado UNWATER, 2011.

De modo que a Equação (1), expressa por Carvalho e Berenguer (2016), mensura a pegada hídrica, onde $PH_{PROC}[S]$ é a Pegada Hídrica do passo S do processo (volume/tempo) e $P[p]$ é a quantidade produzida do produto “ p ” (massa/tempo).

$$PH_{proc[p]} = \frac{\sum_{s=1}^n PH_{proc}[S]}{P[p]} [volume/massa] \quad (1)$$

De acordo com o consumo no processo produtivo a pegada hídrica, conforme Hoekstra pode ser descrita como a soma das pegadas hídricas azul, verde e cinza, como mostra a Equação (2).

$$Pegada\ Hídrica\ Total = PH_{poc.\ tijolo} = PH_{poc.\ azul} + PH_{poc.\ verde} + PH_{poc.\ cinza} \quad (2)$$

Cada categoria é caracterizada da seguinte forma:

- A pegada hídrica azul é um indicador do uso consuntivo de água azul (água subterrânea e superficial) ao longo da cadeia de produção do produto; O termo consuntivo refere-se a um dos quatro casos seguintes:

- a) A água evapora;
- b) A água é incorporada ao produto;
- c) A água não retorna à mesma área de captação, por exemplo, é devolvida a outra área de captação ou mar;

- d) A água não retorna no mesmo período, por exemplo, é retirada em um período escasso e devolvida em um período chuvoso.

É calculada pela Equação 3:

$$PH_{proc,azul} = \frac{Evaporação + Incorporação + Vazão de retorno perdida}{Quantidade produzida} \quad (3)$$

- A pegada hídrica verde refere-se ao consumo dos recursos de água verde, que se define como a precipitação em terra que não escorre ou recarrega as águas subterrâneas, mas é armazenada no solo ou fica temporariamente no topo do solo ou da vegetação e eventualmente evapora ou transpira através das plantas;

- A pegada hídrica cinza de uma etapa do processo é um indicador do grau de poluição da água doce que pode ser associado à etapa do processo. É definido como o volume de água doce que é necessário para assimilar a carga de poluentes com base nas concentrações padrões de qualidades estabelecidas.

A pegada hídrica de um processo é expressa como volume de água por unidade de tempo. Quando dividido sobre a quantidade de produto resultante do processo (unidades de produto por unidade de tempo), ele também pode ser expresso como volume de água por unidade de produto. A pegada hídrica de um produto é sempre expressa como volume de água por unidade de produto. Exemplos segundo Hoekstra et al. (2011):

- Volume de água por unidade de massa (para produtos em que o peso é um bom indicador de quantidade);
- Volume de água por unidade monetária (para produtos em que o valor diz mais que peso);
- Volume de água por peça (para produtos que são contados por peça em vez de peso);
- Volume de água por unidade de energia (por kcal para produtos alimentícios, ou por joule para eletricidade ou combustíveis).

3.1.DESCRICÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi compreendida pela olaria (empreendimento produtor de cerâmica vermelha) localizada na zona rural no estado do Ceará. Localizada a 315 km da capital do estado, Fortaleza, se encontra na divisa com o RN, faz fronteira com alguns estados do Ceará, como Pereiro e Iracema, assim como do RN, como Encanto, Pau dos Ferros e São Francisco do Oeste. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em seu censo de

2010, a população era de 6840 pessoas. A proximidade com as cidades de Pau dos Ferros, São Francisco do Oeste, Encanto, Rafael Fernandes, entre outras, molda a distribuição e venda dos materiais produzidos para essas localidades. A área de seu entorno possui característica rural apresentando aproximadamente 30 famílias, com atividades principalmente de agricultura e de criação de animais (ver Figura 5).

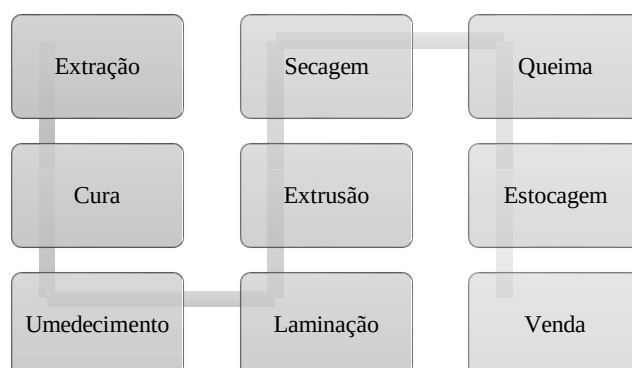
Figura 5 – Área de estudo



Fonte: Raphael Lorenzeto, 2006.

O processo produtivo do empreendimento é caracterizado pelas seguintes etapas (ver Figura 6):

Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo da empresa cerâmica



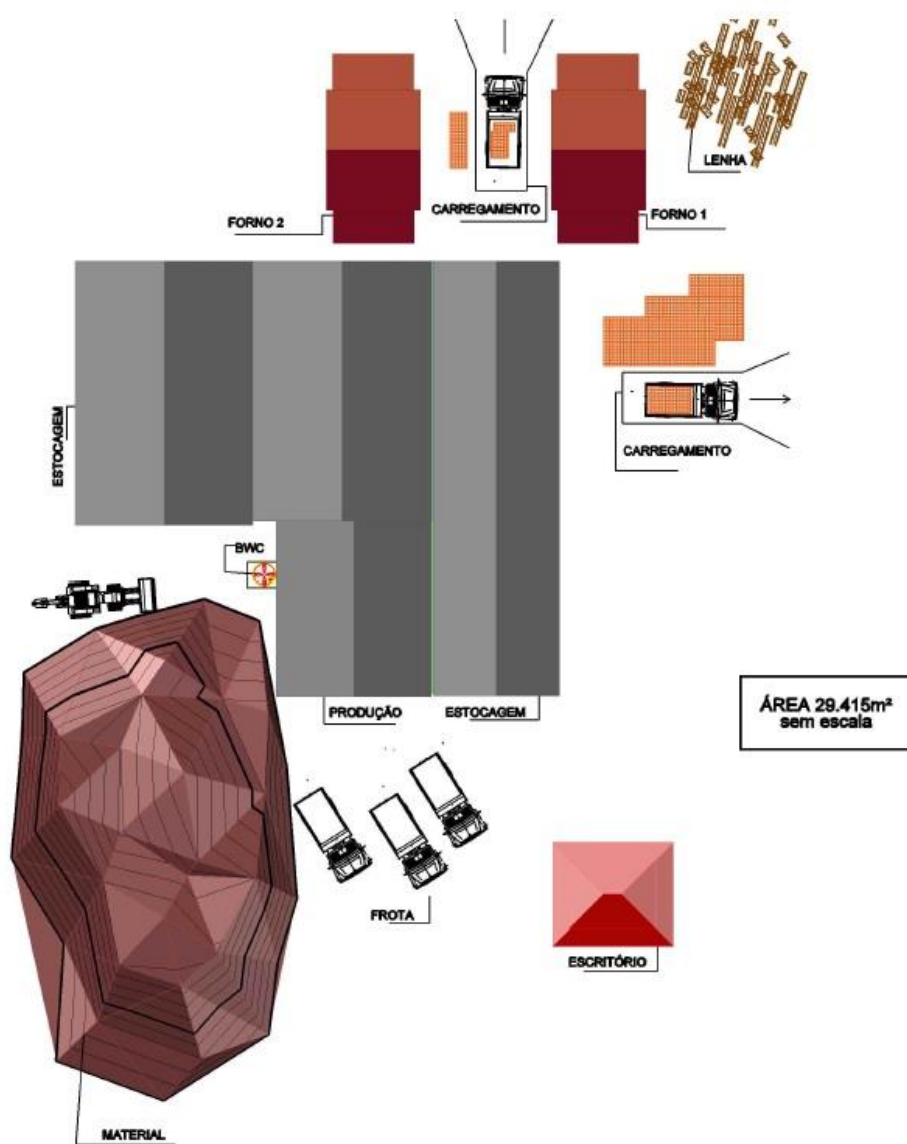
Fonte: Autor, 2018.

Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2016), O município de Ererê, de clima semiárido, apresenta solos maciços residuais, cobertos pela caatinga arbustiva densa e a floresta caducifólia espinhosa. As principais fontes de água fazem parte da bacia do Médio Jaguaribe.

A empresa objeto de estudo do presente trabalho foi fundada em 2012. Está localizada no sítio Melancias, zona rural do município de Ererê-CE, distante 12 km da cidade de Pau dos Ferros-RN. A área estimada é de 29.415m² (ver Figura 7), organizada com duas estruturas de fornos duplos, quatro áreas de galpões, um escritório, área de estocagem do material argiloso e uma área onde ocorre o processo de fabricação.

A equipe de trabalho é constituída por gerente, maquinista, operador de retroescavadeira, motoristas, carregadores e secretária. Os equipamentos relativos à produção da peça são a extrusora, cortador, laminador, misturador e desintegrador e esteiras, além de bombas de ar e resfriadores para os fornos.

Figura 7 – Representação da área e estrutura do empreendimento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A olaria conta com 23 colaboradores, e com uma produção de bloco cerâmico de 8 furos e lajotas de aproximadamente 16 mil unidades por dia.

De acordo com o material obtido através da aplicação dos questionários, de observações da empresa e do levantamento de dados em conversa com o dono do empreendimento, foram realizadas análises e interpretação dos dados. Além disso, registros fotográficos auxiliaram na obtenção de imagens para o trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INICIAL

A certificação ambiental da empresa segue as normas estabelecidas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), no que concerne a extração e utilização da argila. Além dessa exigência, deve atender quanto a proveniência da madeira utilizada. No empreendimento a madeira é comprada, seguindo uma orientação de evitar espécies endêmicas (nativas) e proibidas, porém sem uma certificação apresentada, visto que não é obtida apenas de uma única empresa.

O empreendedor ressalta que uma vez atendido as diretrizes ambientais iniciais (licença e condicionantes) não há a necessidade de um gerenciamento das condições ambientais, de modo que não constitui uma área de investimentos para empresa, que foge dos princípios de melhoria contínua contidos na gestão ambiental.

A organização não possui uma política ambiental, porém o empreendedor cita que os objetivos da empresa envolvem a abordagem ambiental, de forma a atender as legislações aplicadas, demonstrando uma possibilidade de desenvolvimento de sua política.

De acordo com a análise da parte 2 do questionário A-B, a importância dada à implementação de práticas voltadas a gestão ambiental empresarial, em vista de melhorias referentes a acesso a novos mercados, acesso a financiamentos, confiabilidade com a fiscalização, clientes, fornecedores, vizinhança, funcionários, imagem pública, ao desempenho ambiental, redução de riscos, melhoria do processo produtivo e gestão global, é de aproximadamente 21%. Demonstrando ser uma baixa importância para quesitos importantes para o desempenho da empresa no mercado. Isso reflete diretamente na escolha técnica e tecnológica da empresa, de modo a mantê-la estagnada no que concerne a novas opções tecnológicas, como substituição do material de queima, fontes renováveis de energia, fornos de melhor desempenho, e ainda no que compete a decisões técnicas, como tempo de queima, incorporação de materiais ao bloco cerâmico, gestão de resíduos, entre outros.

4.2. USO DOS RECURSOS NATURAIS E INSUMOS

A empresa não possui um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, e não há coleta seletiva, fato comum para a região. Os resíduos provenientes do processo produtivo, em alguns casos voltam para o processo, e em outros são utilizados para manutenção das estradas

de acesso as cidades próximas. Quanto aos resíduos comuns, principalmente do escritório, são incinerados eventualmente, seguindo o tratamento utilizado para resíduos comuns em áreas rurais, já que não há coleta pelo município.

Não há por parte da empresa o fomento ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), a maioria dos trabalhadores busca apenas se proteger do sol. É possível ainda encontrar trabalhadores nos fornos sem camisa, para suportar o calor proveniente do mesmo.

As máquinas apresentam alto consumo energético e baixa eficiência, visto que o maquinário é antigo e constantemente passa por reparos, causando no empreendimento um alto consumo energético, analisado através do acesso as contas mensais na média de 12.000 kWh/mês. Além do consumo energético, há um alto consumo com óleos lubrificantes, baterias e material de limpeza, principalmente pela frota de caminhões.

A empresa capta a água de um poço artesanal (ver Figura 8), devidamente cadastrado, ou de um reservatório superficial próximo, sem que seja feita uma medição da quantidade utilizada por parte da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), fato comum à área rural em que o empreendimento está inserido.

Figura 8 – Poço artesiano utilizado pelo empreendimento.



Fonte: Autor, 2018.

No entanto, em fevereiro de 2019, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) instalou um medidor na captação de água do empreendimento. O empreendimento foi enquadrado através do decreto nº 32.858, que “Dispõe sobre a cobrança

pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do estado do Ceará ou da união por delegação de competência, e dá outras providências”. De acordo com o Art.3º, o empreendimento é enquadrado como indústria e se caracteriza pela captação e adução completa ou parcial de água, a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais. Sendo a tarifa estabelecida de R\$ 730,47/1.000m³ (setecentos e trinta reais e quarenta e sete centavos, por mil metros cúbicos).

Essa atuação da COGERH foi essencial para promoção do monitoramento do uso da água pelo empreendimento, sendo um instrumento pelo qual o poder público pode fiscalizar de forma direta o uso de água. Indiretamente, leva a empresa a repensar o uso desmedido deste recurso, visto que além da fiscalização há uma cobrança pelo recurso, destacando a característica inalienável da água, onde seu domínio não pode ser repassado a alguém, por mais que a captação seja feita em domínio privado, a água é um bem público.

4.3.PROCESSO PRODUTIVO

4.3.1. Extração da argila

Os materiais argilosos utilizados na indústria de cerâmica vermelha são comumente denominados de “barro”. As diferenças entre as composições do material argiloso conferem ao processo produtivo uma etapa de mistura.

A extração da matéria prima do processo é feita nos reservatórios superficiais da região rural em épocas de seca, ajudando no processo de desassoreamento para épocas de chuva. Essa argila é então armazenada na própria empresa onde passa pelo processo de descanso, também chamado de cura, antes de entrar de fato no processo produtivo. Essa etapa de descanso propicia a decomposição da matéria orgânica e facilita o desenvolvimento das propriedades plásticas, tal atividade é realizada por meio do emprego de maquinário (Figura 9).

Figura 9 – Argila armazenada sendo movida para entrar no processo produtivo.



Fonte: Autor, 2018.

4.3.2. Umedecimento

No próprio local de armazenagem, na parte superficial, com a ajuda de retroescavadeiras, há a mistura de camadas superficiais da argila e a adição de água, feita de forma manual, para a respectiva quantidade de argila que dará entrada ao processo (Figura 10).

Figura 10 – Adição de água à argila.



Fonte: Autor, 2018.

Essa é a etapa de maior importância para o trabalho em questão, visto que é a etapa de uso direto da água. Além disso, é a etapa de maior consumo de água. Logo, essa será a etapa de maior contribuição para o cálculo de pegada hídrica do empreendimento.

4.3.3. Moldagem

A moldagem é o processo de formulação da peça de bloco cerâmico. Através do primeiro processo, de laminação (Figura 11.A), o material tem sua espessura diminuída, e adquire maior homogeneização, de forma a facilitar o processo de moldagem da peça final. O segundo processo, de extrusão (Figura 11.B), é realizado pela máquina extrusora, conhecida como maromba. O material argiloso é compactado e forçado por um eixo através de uma boquilha, a extrusora utilizada nesse caso é a recomendada para produção de lajotas e de bloco cerâmico oito furos. Essa etapa é onde há o maior consumo elétrico.

Figura 11 – Processo de moldagem: A) laminação e B) extrusão.



Fonte: Autor, 2018.

4.3.4. Secagem

O processo de secagem (Figura 12), é realizado de forma natural, em galpões cobertos distribuídos pela área do empreendimento, ocorre em aproximadamente 48 horas. Após a diminuição da umidade contida na peça, a mesma é encaminhada para o processo de queima.

Figura 12 – Processo de secagem das peças.

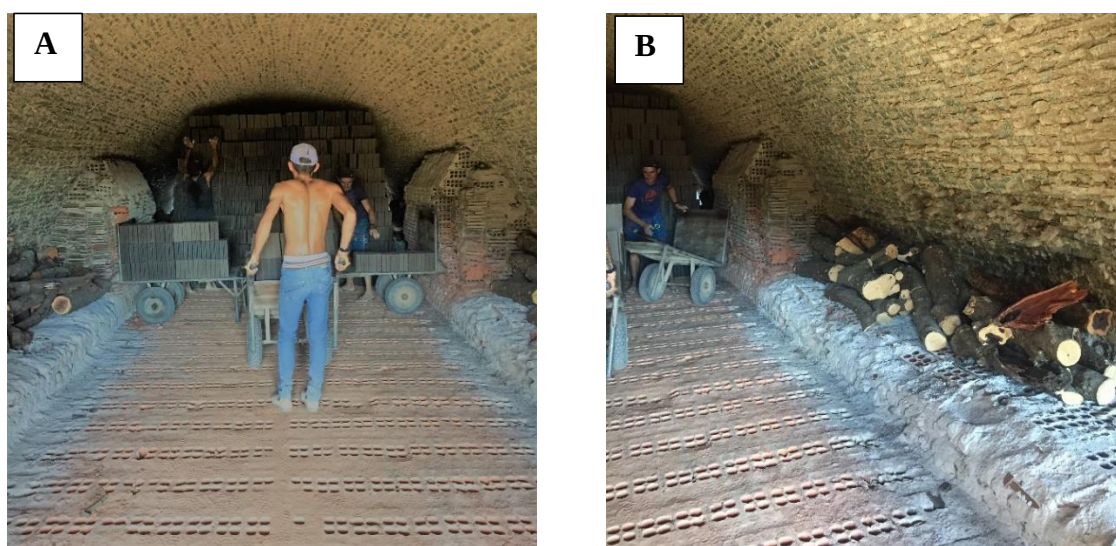


Fonte: Autor, 2018.

4.3.5. Queima

O processo de queima (Figura 13) consiste em submeter às peças cerâmicas prontas e secas a altas temperaturas em fornos alimentados a lenha. É nesse processo que as peças sofrem alterações químicas e físicas e chegam ao seu estado de produto final.

Figura 13 – A) Colaboradores distribuindo as peças cerâmicas no forno e B) a lenha utilizada na alimentação, respectivamente.

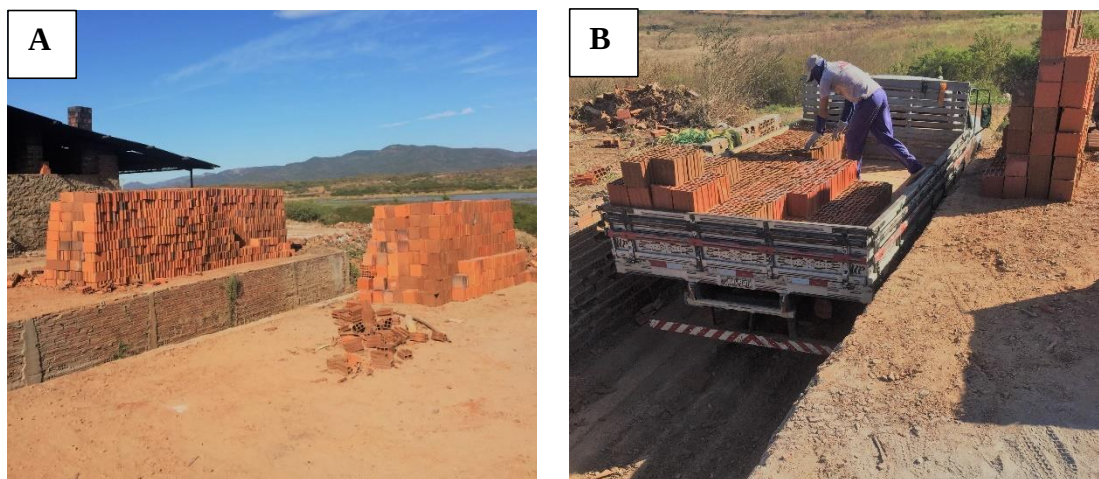


Fonte: Autor, 2018.

4.3.6. Estocagem e venda

A estocagem (Figura 14) ocorre ao ar livre nos locais próximos a área de carregamento dos caminhões que fazem o transporte das peças prontas. Após os processos de venda há a opção de entrega do produto, ou do comprador adquirir na própria localidade.

Figura 14 – A) Peças prontas no local de estocagem (próximas à área de carregamento) e B) carregamento de um caminhão de entrega, respectivamente.

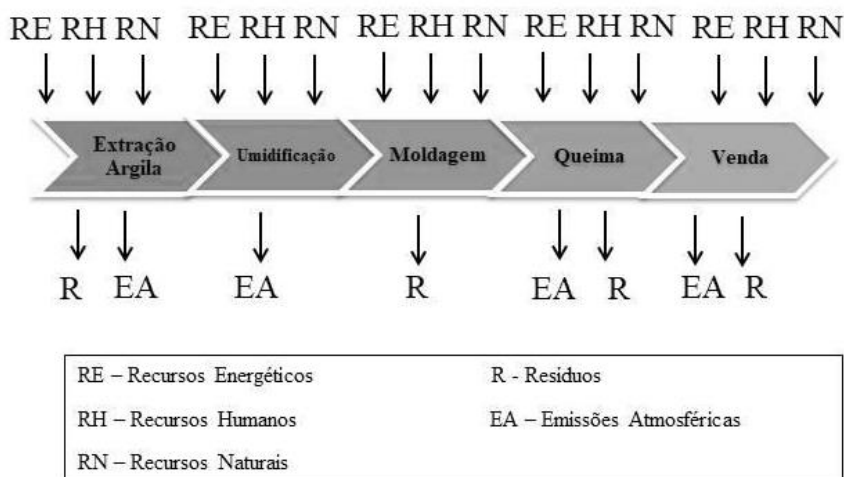


Fonte: Autor, 2018.

4.4. IMPACTOS CONSIDERADOS

Para uma análise inicial dos impactos referentes ao empreendimento, foi necessário entender quais as exigências das etapas quanto aos recursos empregados, assim como as saídas referentes a cada processo envolvido. Para isso, consideraram-se recursos energéticos, como combustíveis, eletricidade e calor, já os recursos naturais, referentes ao material argiloso extraído, biomassa utilizada na queima e água, e também recursos humanos, referentes à mão de obra utilizada. Para as saídas, adotou-se o termo resíduo, sejam sólidos ou efluentes, assim como emissões atmosféricas advindas dos processos de queima da biomassa, e dos veículos utilizados para extração, transporte e expedição.

Figura 15 – Principais etapas do processo produtivo, recursos utilizados e impactos considerados.



Fonte: Elaborado pelo autor. Baseado em: Grigoletti (2001).

Para uma melhor consideração dos impactos, foi realizada uma abordagem através da análise do fluxograma do processo produtivo, organizando por atividade, aspecto e impactos (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais atividades, aspectos e impactos considerados.

Atividade	Aspecto	Impacto
Extração Mineral	Erosão do solo	Degradação da camada superficial do solo
	Emissões atmosféricas	Poluição da qualidade do ar
	Exposição do solo a processos erosivos	Fragilidade do solo
	Consumo do material argiloso	Diminuição da disponibilidade mineral
Transporte do material extraído	Emissões atmosféricas	Alteração da qualidade do ar
Umedecimento do material	Consumo hídrico	Diminuição da disponibilidade hídrica
Moldagem	Consumo energético	
Queima	Consumo da biomassa vegetal	Perda de biodiversidade Afugentamento e mortandade de animais
	Elevação da temperatura do ambiente	Exposição do solo Desconforto térmico para colaboradores
	Geração de resíduos	Alteração da qualidade do solo
Expedição do produto final	Emissões atmosféricas	Alteração da qualidade do ar

Fonte: Autor, 2018.

Para tais impactos conforme Tabela 2 foram propostas medidas mitigadoras mais comuns ao tipo do empreendimento, assim como ações pontuais que poderiam ser realizadas, no sentido de, inicialmente, minimizar a intensidade desses impactos no ambiente e no empreendimento.

Tabela 2 – Medidas mitigadoras e ações para os impactos considerados.

Impacto	Medidas mitigadoras	Ações
Alteração da paisagem	Inserção de cortina verde com mata nativa ou frutífera	Definição das áreas
	Utilização de resíduos de outras indústrias	Contato com indústrias de resíduos inertes
	Maior distribuição das áreas exploradas	Definição das áreas
Alteração da qualidade do ar	Minimização da utilização de combustíveis fósseis	Instalação de filtros
Degradação do solo	-	Instalação de taludes
Diminuição da disponibilidade mineral	Incorporar novos materiais	Estudo técnico de viabilidade
Diminuição da disponibilidade hídrica	Utilização de água de reuso	Implantar sistema de reuso
	Otimização e racionalização do uso de água	Estudo técnico
Desmatamento de áreas na caatinga		
Afugentamento de animais	-	-
Desconforto térmico para colaboradores	Adequação dos Equipamentos de proteção	Compra de novos Equipamentos de proteção

Fonte: Autor, 2018

A extração da argila corresponde à fase de maior impacto devido à alta agressão ao meio ambiente, ao uso indiscriminado do recurso, degradação do solo, e emissão de material particulado, além das poucas intervenções na área degradada, corroborando com Ferreira et al. (2012), Silva et al. (2015) e Pinto Filho (2009) destacam ainda o desmatamento e o desbarrancamento da área da jazida.

Segundo o proprietário, a extração da matéria prima para limpeza de açudes particulares na época da seca, permite aumentar a capacidade de armazenamento de água nos períodos chuvosos e contribui como uma medida para reduzir o impacto da extração, fato semelhante exposto por Maciel et al. (2013). Essa etapa, portanto, deve ser atendida pelas medidas propostas, a fim de diminuir os impactos considerados.

A etapa de acomodação e umedecimento do material extraído constitui uma etapa de impacto semelhante quando observado pela emissão de material particulado pelo uso da

retroescavadeira, apresentando a diferença no consumo hídrico associado. Essa incorporação da água depende principalmente das características das argilas extraídas, de modo que um ensaio deveria ser realizado para obter as informações da mesma, fato que não acontece. Essa análise prévia poderia diminuir o consumo hídrico ou até mesmo alterar a qualidade do material final.

A moldagem é a etapa de maior consumo energético devido ao maquinário envolvido. Para a etapa de laminação, não há impactos considerados, fato também comprovado por Maciel et al. (2013). De modo que a principal recomendação é a manutenção das máquinas, fato também exposto por Linard et al. (2015).

Na secagem das peças, processo que dura cerca de 50 horas, poucos impactos são identificados, visto que é realizada de forma natural, exceto pelas perdas por eventos climatológicos. A cobertura possibilita uma maior proteção do material, porém atrasa o processo pela não exposição ao sol.

Já o processo de queima da peça apresenta importância, sendo que a má gestão dessa etapa pode ocasionar peças defeituosas. No empreendimento não há controle de temperatura, o que impossibilita uma adequação para uma melhoria da peça final. Ainda ocorre nessa etapa impacto considerável, que vai desde a extração da biomassa vegetal até a emissão de material particulado pela queima. Além disso, têm-se os resíduos gerados decorrentes das peças avariadas no transporte nos fornos. A principal recomendação para essa etapa é a de substituição do insumo, e a aplicação de sistemas de controle de emissões atmosféricas, como filtros, porém a substituição do insumo através da compra ainda é inacessível. Bezerra (2001) destaca a pouca presença de controle de temperatura na área, já Santos et al. (2017) ressaltam os impactos relevantes e Pinto Filho (2009) corrobora com a dificuldade de substituição dos insumos energéticos.

A fase final, de estocagem e venda é responsável pelo maior uso de combustíveis, e consequentemente uma emissão atmosférica considerável. Além disso, há uma alteração no fluxo viário que não pode ser modificada. Santos et al. (2017) indicam a instalação de placas indicando o fluxo de veículos pesados como uma medida a ser adotada pela empresa.

Santos (2016) destaca que o empreendedor conhece suas responsabilidades e têm consciência da importância relacionada aos aspectos ambientais, porém há um conflito entre as necessidades da empresa e os gastos relacionados aos investimentos para melhorias ambientais. Esse fato é percebido também na empresa estudada, porém o fato de a mesma ainda apresentar deficiências organizacionais, impossibilita discutir se os impactos

relacionados às mudanças seriam relevantes financeiramente, visto que a maioria das práticas adotadas no setor visam substituições, adequações e boas práticas operacionais.

Vieira et al. (2016) destacam a adição de lodo da indústria de papel como insumo na produção de tijolos de argila, demonstrando uma comunicação possível entre setores distintos no reaproveitamento de resíduos, neste caso inserido na reciclagem externa (nível 3 da ferramenta de Produção mais Limpa).

A principal deficiência da empresa está na gestão dos processos e da estrutura de produção de forma empírica. O comum para o tratamento de argila antes de inseri-la nos processos produtivos é a realização de testes, que podem definir inclusive a quantidade de água utilizada e modificar as proporções de acordo com as características de cada tipo de argila. Para isso, são necessários estudos técnicos e laboratoriais. Outro ponto, relacionado a estrutura é a não existência de um controle de temperatura dos fornos, dessa forma há uma maior probabilidade de peças defeituosas e conseqüentemente uma diminuição na eficiência dos fornos. Tais aspectos apenas podem ser modificados com alterações significativas de gestão, que envolve capacitação e adequação estrutural.

4.5. PEGADA HÍDRICA

Para o caso em questão o volume de água por peça e o volume de água por unidade de massa são bons indicadores. Sendo determinado o volume de água por peça visto que, o quantitativo de peças, foi à mensuração de maior certeza no processo de obtenção de dados.

No que diz respeito às empresas a maior parte tem a sua Pegada Hídrica na cadeia de Produção (Pegada Hídrica indireta) e não na etapa de operacionalização (Pegada Hídrica direta), sendo que as medidas aplicadas na cadeia de produção são por isso mais eficazes economicamente (HOEKSTRA et al., 2011).

A pegada hídrica verde não foi contabilizada, pois não há influência direta da água de que precipita e é armazenada temporariamente no topo do solo ou nas plantas e posteriormente perdida por evaporação ou transpiração, uma vez que o cenário local está situado em semiárido, registrando déficit hídrico, associado com o elevado índice de aridez e de evapotranspiração.

A pegada hídrica cinza não foi calculada vista a dificuldade da mensuração da poluição do empreendimento, fato relacionado ao difícil acesso a equipamentos adequados, e a difícil mensuração numérica de impactos relacionados ao processo produtivo.

Da Equação (2) então, temos:

$$Pegada Hídrica Total = PH_{poc. tijolo} = PH_{poc. azul} + \cancel{PH_{poc. verde}^1} + \cancel{PH_{poc. cinza}^2} \quad (4)$$

Dessa forma, o cálculo realizado é relativo à pegada hídrica azul. Esta é a de maior peso, para o estudo de Silvestri e Ribeiro (2017) com telhas cerâmicas, correspondendo a 99% do valor da pegada hídrica total, e para Skouteris et al., a incorporação direta de água no produto (bloco cerâmico) corresponde a 84,8% da pegada hídrica azul, demonstrando que para produtos industriais nesse segmento é a pegada hídrica de maior relevância, e que os processos de incorporação direta da água são os de maior impacto.

Sendo preciso avaliar ainda o período de realização de tal análise, tendo em vista a brusca mudança de regime de precipitação em função da sazonalidade temporal. Na região, o início do ano corresponde à época de maiores índices pluviométricos. Dessa forma, o uso de água para umedecimento do barro diminui. Entretanto, em períodos de baixos índices pluviométricos, o barro tende a estar mais seco e requerer uma maior adição de água para umedecimento.

A análise com o medidor instalado pela COGERH teve duração de 15 dias, analisando o consumo de água e a quantidade de blocos produzidos, onde apenas 11 dias correspondeu à produção de blocos, dessa forma foi possível identificar o consumo de água e sua respectiva pegada hídrica.

Tabela 3 – Produção de blocos cerâmicos por dia.

Blocos (un)		Dia (Fevereiro/2019)	
16000		12	
18500		13	
16500		14	
21000		16	
18000		18	
18000		20	
16000		21	
18000		22	
17000		25	
14000		26	
18000		27	
Total	191.000	Total	11 dias
Dados			
Água consumida		14780 l	
Blocos		191000 un	
Dias		11	

Fonte: Autor, 2019.

Apenas a incorporação será considerada para o cálculo, como já citado anteriormente, a evaporação e a vazão de retorno perdida, não se aplicam a este caso. Em função dos valores de água consumida total e das quantidades produzidas de blocos, expresso na Tabela 3; substituindo na Equação (3), obtêm-se os seguintes resultados:

$$PH_{proc,azul} = \frac{14780 L}{191000 blocos}$$

$$PH_{proc,azul} = 0,077382 L/bloco$$

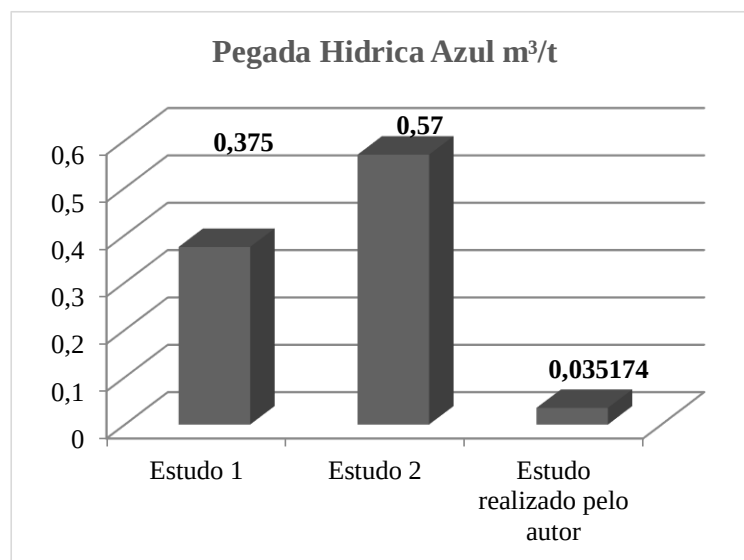
Para transformar esse valor em metros cúbicos por tonelada, fez-se o uso do valor do peso de cada bloco. Foram realizadas pesagens, e questionado a empresa sobre o peso dos blocos considerados, e obteve-se o valor médio de 2,2kg. Dessa forma, um bloco cerâmico corresponde a 0,0022 toneladas. Em uma tonelada têm-se 454,5454 blocos. Transformando a Pegada Hídrica encontrada de 0,077382 L/bloco em metros cúbicos e multiplicando pela quantidade de blocos correspondente a uma tonelada, encontrou-se o valor de:

$$PH_{proc,azul} = 0,035 m^3/tonelada$$

Assim, temos o valor final de Pegada Hídrica Azul para o bloco considerado, expressa em m³/tonelada. Por ano, considerando uma produção mensal de 382.000 peças por mês, estimada pelas anotações de fevereiro de 2018 a fevereiro de 2019, temos por ano um total de 4.584.000 peças de bloco cerâmico produzidas. De modo que o consumo hídrico por ano é de 354,72 m³, ou seja 354 mil litros de água por ano apenas para a produção de bloco cerâmico de 8 furos.

As comparações com a literatura para este tipo de estudo ainda não acontecem como deveriam, principalmente pela diferenciação dos processos, considerações e análises realizadas. As principais comparações referentes a pegada hídrica acontecem no setor agrícola e alimentício, visto o maior número de estudos e uma semelhança nos métodos utilizados.

Uma análise comparativa foi realizada com os estudos de Silvestri e Ribeiro (2017) com telhas cerâmicas no Brasil, e com Skouteris et al., numa empresa de fabricação de tijolos no sudeste da Inglaterra. Temos então, de acordo com o Gráfico 1:

Gráfico 1 - Comparativo de pegada hídrica azul dos estudos considerados

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Ambos os estudos e os valores aqui apresentados correspondem a pegada hídrica azul. Observa-se que o valor encontrado neste estudo, de 0,035174m³/t é muito inferior aos valores observados na literatura. É importante ressaltar primeiramente as diferenças, que são compreendidas desde o produto a ser analisado, ao método produtivo, que pode conter variações no sistema produtivo, na quantidade de umidade oferecida ao insumo antes da entrada na produção, e se estendem até as características fabris, como a periodicidade da limpeza das máquinas, um maior número de colaboradores e uma maior exigência de água para as instalações, entre outras.

Além disso, é necessário apontar que o período em que as medições foram realizadas, corresponde para a região como um período chuvoso, de modo a oferecer naturalmente umidade ao insumo, tornando a quantidade de água requerida para o umedecimento menor. Tal afirmação poderá ser confirmada com a realização de estudos futuros em épocas de estiagem na região.

4.6. MEDIDAS REALIZADAS PELO EMPREENDIMENTO

O empreendimento já realiza medidas referentes às perdas envolvidas no processo de fabricação das peças. Tais medidas são vistas, e recomendadas na literatura, visto a facilidade de serem implementadas no setor. São elas a incorporação de peças defeituosas no processo de moldagem, no montante de argila utilizada como matéria prima, uma espécie de reciclagem interna. Além disso, há a incorporação de peças defeituosas pós-processo de queima, nas

estradas de acesso ao empreendimento e as cidades mais próximas, trazendo um novo uso para peças que seriam descartadas (ver Figura 16).

Figura 16 - Reutilização de peças cerâmicas defeituosas.



Fonte: Autor, 2018.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os diversos setores industriais existentes, o segmento de produção de peças cerâmicas está intimamente ligado ao meio ambiente. Essa ligação é notada na extração da matéria prima, dos insumos incorporados, como a água e da utilização do meio ambiente como meio de diluição da poluição. Essas características tornam estudos ambientais nessa área imprescindíveis, são estes estudos que podem contribuir para modificações positivas no setor.

O empreendimento em questão apresenta pouco aparato técnico-científico para o balizamento referente as tomadas de decisões, fato agravado pela gestão familiar e pouco eficiente que impossibilita uma organização financeira que poderia promover investimentos em melhoria para o sistema produtivo.

O uso dos recursos naturais por parte desses empreendimentos, grande parte localizados nos interiores dos estados, acaba por receber pouca importância do setor público, tornando a extração na maioria das vezes, principalmente relativo as jazidas, ocorrer de forma indiscriminada. Percebe-se, relacionado a água, que há uma maior preocupação por parte do estado, que realizou uma adequação da empresa à legislação vigente, fato importante visto as características climáticas da região.

Os impactos ambientais em sua maioria poderiam ser mitigados com alternativas de gestão, conhecimento técnico e uma visão focada na melhoria contínua, no entanto, requer colaboradores que possam desenvolver, atuar e fiscalizar essas alternativas, o que para empreendimentos de pequeno porte, ainda é inviável.

Ferramentas de gestão são imprescindíveis para empreendimentos com as características como as observadas nesse caso, onde há um processo produtivo bem definido, áreas de extração e insumos de fácil obtenção. São tais ferramentas que podem garantir uma racionalização de recurso e melhor aproveitamento dos insumos, fatos que podem contribuir para a melhoria contínua dos processos, para saúde financeira da empresa e até para qualidade do produto final.

A metodologia da pegada hídrica apresenta uma gama de aplicações, que pode ir da menor escala (produtos, processo ou setor) até a maior escala (cidades, nações, entre outros). Esta ferramenta fornece uma visão sobre a pressão humana no ambiente, principalmente no âmbito de recursos hídricos, fato essencial para a região de estudo que apresenta características pluviométricas desfavoráveis.

A aplicação da ferramenta de pegada hídrica a um produto, no caso o bloco cerâmico, demonstra grande importância e viabilidade, que perpassa os cálculos realizados e atinge uma

importância relativa a própria aplicação, que se mostra como base para novos estudos, de diversos setores, incluindo nesse caso o da construção civil. No entanto, ainda que com limitações de mensurações, foi possível obter um valor que pode ser confrontado, e que nos dá a ideia do uso de um recurso tão importante.

É necessário que diferentes estudos sejam realizados, abrangendo uma espacialidade maior referente a produção, extração, venda e compra, e uma temporalidade maior, incluindo os períodos de precipitação considerável e de pouca precipitação. Tais abrangências podem incorporar uma maior representatividade e um maior peso aos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo Técnico Setorial da Cerâmica Vermelha**. Distrito Federal, 2016.

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica. **Perfil do Setor 2008**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2001). ABNT NBR ISO 14001:2004. **Sistemas da gestão ambiental Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSUMPÇÃO, Luiz Fernando Joly. **Sistema de Gestão Ambiental: Manual Prático para Implementação de SGA e Certificação ISO 14.001/2004**. 4. ed. Curitiba: JURUA, 2014.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BNB – Banco do Nordeste do Brasil. **Informe Setorial Cerâmica Vermelha**. 2010.

BUSTAMANTE, Gladstone Motta; BRESSIANI, José Carlos. 2000. **A indústria cerâmica brasileira**. Ceramic News. Vol. 7. no 1. p. 31.

CARVALHO, Daniel Magalhães de; BERENGUER, Maria Eduarda Miranda. **Pegada Hídrica e Análise de Sustentabilidade do Tratamento de Água no Brasil: Um Estudo de Caso da ETA Laranjal**. UFRJ. Março, 2016.

COLTRO, Leda; KARASKI, Thiago U. **Pegada Hídrica: Do Conceito a Normatização**. Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. ITAL. Vol. 27 – nº 1. 2015.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: Responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: ATLAS, 2011.

DIAS, Marilza do Carmo Oliveira; PEREIRA, Mauri Cesar Barbosa (1999), **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais atividades produtivas**, Banco do Nordeste, Fortaleza.

FERREIRA, Elvis Pantaleão; PANTALEÃO, Fabiana de Souza; FERREIRA, José Thales Pantaleão; FERREIRA, Antônio Cardoso. Diagnóstico Ambiental das áreas de extração de argila em município produtor de cerâmica vermelha. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, N.14; p. 1152 – 2012.

FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA**. Belo Horizonte, 2013.

GUTIERRES, Henrique Elias Pessoa. **As escalas Geográficas da Certificação ISO 14001: um panorama da gestão ambiental empresarial**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, v. 27, p. 133 – 144, jan./jun. 2013.

HOEKSTRA, A.Y; CHAPAGAIN, A. K; ALADAYA, M.M; MEKONNEN, M.M., 2011, The Water Footprint Assessment Manual. In: ISBN: 978-1-84971-279-8 hardback, London • Washington, DC.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO 14046: Environmental management: Water Footprint: principles, requirements and guidelines. Geneva, Switzerland, 2014.

IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará, 2016**. Disponível em <www.ipece.ce.gov.br>

ITSUBO, N., Sakagami, M., Washida, T., Kokubu, K. & Inaba, A. (2004). Weighting Across Safeguard Subjects for LCIA through the Application of Conjoint Analysis., The International Journal of Life Cycle Assessment.

LUZ, Sheila Oliveira de Castro da; SELLITTO, Miguel Afonso; GOMES, Luciana Paulo. Medição de desempenho ambiental baseada em método multicritério de apoio à decisão: estudo de caso na indústria automotiva. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 3, p. 557-570, 2006.

Manual de Eficiência Energética na Indústria de Cerâmica Vermelha / Maurício Francisco Henriques Junior et al. – Rio de Janeiro: INT/MCTI, 2013. 28 p.

PINTO FILHO, Jorge Luis de Oliveira. Diagnóstico Ambiental da empresa de cerâmica T. Melo Localizada no município de Apodi-RN. **Connexio, Revista Científica da Escola de Gestão e Negócios**. 2009.

SANTOS JR, E.L.; LIED, E.B.; ACERGO, C.V a FAQUIM,V.; FRARE, P.R; MOREJON, C. F. M. Avaliação de Impacto Ambiental da Indústria Cerâmica Estrutural como Ferramenta da Produção Mais Limpa. **6th International Workshop | Advances in Cleaner Production**. 2017.

SANTOS, Luciano Miguel Moreira dos. **Avaliação Ambiental de Processos Industriais**. 4ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

SANTOS, Sérgio Batista Guedes dos. **Sustentabilidade Empresarial: Uma Abordagem Ambiental De Empresas Do Setor Cerâmico Localizadas No Município De Cacoal/Ro**. UNIR - 2016.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). **Boletim de Inteligência – Cerâmica Vermelha (Panorama do Mercado no Brasil)**. 2015.

SILVA, Núbia Adriane da; FURTADO, Octaviano Sidnei; DIAS, Willian de Sousa; SELLITTO, Miguel Afonso. Avaliação de Desempenho Ambiental em uma Empresa da Indústria de Cerâmica de Tocantins. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 19, mai/ago. 2015, p. 848-861.

Skouteris G, Ouki S, Foo D, Saroj D, Altini M, Melidis P, Cowley B, Ells G, Palmer S, O'Dell S (2018) Water footprint and water pinch analysis techniques for sustainable water

management in the brick-manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production** 172:786–794.

VIEIRA Carlos Maurício F., PINHEIRO, Regina M., RODRIGUEZ, Ruben J. Sanchez, CANDIDO, Veronica S., MONTEIRO, Sergio N. Clay bricks added with effluent sludge from paper industry: technical, economical and environmental benefits. **Applied Clay Science**. 2016.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UNWater. 2018. The United Nations World. **Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris, UNESCO.

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