

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

MATHEUS MOLINI  
TIAGO TIMM  
VINICIUS CORAIOLA

**ANÁLISE DE OLARIA COMO DESTINO DE RESÍDUOS DE MADEIRA  
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2014

MATHEUS MOLINI  
TIAGO TIMM  
VINICIUS CORAIOLA

**ANÁLISE DE OLARIA COMO DESTINO DE RESÍDUOS DE MADEIRA  
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Cezar Augusto Romano

CURITIBA

2014

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### **ANÁLISE DE OLARIAS COMO DESTINO DE RESÍDUOS DE MADEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Por

MATHEUS MOLINI  
TIAGO TIMM  
VINICIUS CORAIOLA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 25 de março de 2014, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador Cezar Augusto Romano, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Flávio Bentes Freire, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Ivan Azevedo Cardoso, Dr.  
UTFPR

---

Profa. Karina Querne De Carvalho, Dra.  
UTFPR

## **AGRADECIMENTOS**

Às nossas famílias, que nos encorajaram nos momentos de maior necessidade, nos ajudaram incondicionalmente e estiveram ao nosso lado sempre.

Aos professores integrantes da banca, Flávia Freire e Karina Querne de Carvalho, cujas orientações foram de grande importância para enriquecer este trabalho.

Ao nosso professor orientador, Cezar Augusto Romano, pelo conhecimento compartilhado, apoio e incentivo durante todo esse tempo.

## RESUMO

MOLINI, M. ; CORAIOLA, V; TIMM, T. **Análise de olaria como destino de resíduos de madeira da construção civil.** 2014. 60 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Nos últimos anos a construção civil tem apresentado índices expressivos de crescimento e sua contribuição para a economia é significativa. Porém seu crescimento resulta na degradação do meio ambiente. Entre os resíduos poluidores destaca-se a madeira como resíduo da construção civil. Caracterizado como um material não reciclável, é usado até atingir sua vida útil na obra, para depois ser destinado a aterros ou utilizada na combustão em olarias. Dentre os gases gerados destacam-se o monóxido de carbono e o dióxido de carbono. Dentro deste cenário, este trabalho busca estudar a maneira ideal de gerenciar os resíduos de madeira oriundos da construção civil de modo a atender a legislação vigente no país e os critérios de certificação LEED e AQUA. Além disso, o objetivo também é de analisar os gases gerados na queima dos resíduos com os equipamentos Gas Alert e Gilianlowflowsampler. Quando analisados junta a Resolução nº 054/06 da SEMA, os resultados mostraram-se satisfatórios. Pode-se observar que a destinação da madeira para a queima em olaria se torna uma opção viável dentro da legislação vigente e pode se tornar um ponto favorável para obtenção das certificações LEED e AQUA.

**Palavras-chave:** Construção civil. Reciclável. Olarias. Resíduos. Certificação

## ABSTRACT

MOLINI, M. ; CORAIOLA, V; TIMM, T. **Analysis of pottery as a destination for waste wood construction.** 2014. 60 pages. Work of Graduation (Bachelor of Civil Engineering Production) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2014.

In recent years the construction industry has shown significant growth rates and their contribution to the economy is significant. But its growth results in environmental degradation. Among the polluting waste stands out as waste wood from construction. Characterized as a non- recyclable material is used until they reach their useful life, and then be destined for landfills or used in combustion potteries. Among the gases generated, stands out carbon monoxide and carbon dioxide. Within this scenario, this paper studies the optimal way to manage wood waste originating from construction in order to meet current legislation in the country and the criteria for LEED and AQUA. Furthermore, the aim is also to analyze the gases generated in the combustion of waste equipment Gas Alert and Gilianlowflowsampler. When analyzed joint Resolution No. 054 / 06 of SEMA, the results were satisfactory. It may be noted that the allocation of wood for burning in pottery becomes a viable option within the current legislation and may become a favorable point for obtaining LEED certifications and AQUA.

**Keywords:** Construction. Recycling. Landfills. Wast. Certification.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA .....	19
FIGURA 3: CICLO DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	25
FIGURA 4: CATORZE CATEGORIAS DO PROCESSO AQUA .....	37
FIGURA 5: GASALERT MICROCLIP DA BW TECHNOLOGIES .....	43
FIGURA 6: BOMBA GRAVIMÉTRICA DE BAIXA VAZÃO.....	44
FIGURA 5: ETAPAS DE ESTUDO.....	46
FIGURA 6: ANÁLISE GERAL .....	48

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	15
TABELA 2: ALTERNATIVA PARA A DESTINAÇÃO DE DIVERSOS TIPOS DE RESÍDUOS .....	16
TABELA 3: NORMAS TÉCNICAS DA ABNT SOBRE RECICLAGEM DE RCD.....	27
TABELA 4: PARÂMENTOS DE AVALIAÇÃO DOS GASES GERADOS NA QUEIMA DA MADEIRA.....	29
TABELA 5: FATORES AVALIADOS PARA A METODOLOGIA.....	41
TABELA 7: CONCENTRAÇÃO DE GASES EMITIDOS NA QUEIMA DA MADEIRA.....	47
TABELA 8: NÍVEIS DE CO E H <sub>2</sub> S – GASALERT – COLETA DO DIA 22/02/2014.....	49
TABELA 9: NÍVEIS DE CO E H <sub>2</sub> S – GASALERT – COLETA DO DIA 07/12/2013.....	50
TABELA 10: QUADRO DE AVALIAÇÃO.....	52
TABELA 11: REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO “EDIFÍCIOS DO SETOR DE SERVIÇOS – PROCESSO AQUA” .....	52
TABELA 12: TABELA DE PONTUAÇÃO GR CRÉDITO 2.....	54

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	13
2.1.1 Geração de resíduos.....	14
2.1.2 Destinação de resíduos.....	15
2.1.3 Impactos ambientais.....	16
2.2 OLARIAS.....	18
2.2.1 Impactos ambientais das olarias.....	20
2.2.2 Gases gerados na queima.....	20
2.2.3 Fornos.....	21
2.3 LEGISLAÇÃO.....	23
2.3.1 Política Nacional do Meio Ambiente.....	24
2.3.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	25
2.3.3 Normas Técnicas.....	26
2.3.4 Resolução nº 054/06 – SEMA.....	28
2.4 CERTIFICAÇÕES.....	29
2.4.1 LEED.....	29
2.4.2 AQUA.....	35
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>40</b>
3.1 DADOS DA OLARIA.....	42
3.2 MÉTODOS.....	42
3.3 ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS DAS CERTIFICAÇÕES.....	45
3.3.1 Certificação AQUA.....	45
3.4 RESULTADOS OBTIDOS EM CAMPO.....	47
3.4.1 Resultados do método de análise eletroquímica de gases (Método terceirizado).....	47
3.4.2 Resultados laboratório ALAC Ltda.....	48
3.4.3 Resultados Obtidos pelo GasAlert MICROCLIP.....	49
3.5 CERTIFICAÇÃO AQUA.....	51
3.6 CERTIFICAÇÃO LEED.....	53
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a construção civil tem apresentado índices expressivos de crescimento. Um setor adormecido pela antiga situação econômica do país se tornou um dos principais agentes entre os setores da economia brasileira. Segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP), a construção civil deverá crescer 2,8% em 2014.

Sua contribuição para a economia é significativa: aumento da geração de empregos diretos e indiretos; aumento do consumo de materiais; realização do sonho da casa própria através de programas governamentais e modernização de cidades são alguns dos exemplos.

Porém, para que isso aconteça paisagens naturais foram sacrificadas para geração de matéria prima e para dar lugar a grandes empreendimentos. Conseqüentemente, esse processo passou a degradar o meio ambiente.

O setor da construção civil é conhecido como grande gerador de resíduos. Parte dos materiais utilizados para a construção é mal utilizada ou caracterizada pelo desperdício. Esse resíduo gerado em excesso é responsável por impactos, tanto ambientais como sociais.

Além do problema relacionado ao desperdício de materiais, é visível o problema de falta de conscientização dos usuários dos materiais utilizados na construção civil.

São inúmeras as medidas mitigadoras. Dentre elas destaca-se a gestão da madeira como resíduo da construção civil. A madeira é caracterizada como material não reciclável, sendo usada até atingir sua vida útil na obra, para depois ser utilizada como material para combustão em olarias ou destinada a aterros.

As olarias tornaram-se a maneira mais viável economicamente para as empresas relacionadas à construção civil. Porém até que ponto o envio da madeira para queima é viável ambientalmente?

Neste cenário, este trabalho busca estudar a maneira ideal de gerenciar os resíduos de madeira oriundos da construção civil para atender a legislação vigente no país e os critérios de certificação LEED e AQUA.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho de conclusão de curso foi a análise do uso da madeira como resíduo de obra na queima em olarias, baseado nas legislações brasileiras e nas certificações LEED e AQUA.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o trabalho alcance seu objetivo principal, foram propostos os objetivos específicos:

- Analisar as exigências das certificações LEED e AQUA para gestão de resíduos;
- Estudar as legislações vigentes no Brasil e no Paraná para o gerenciamento de resíduos;
- Estudar o impacto dos gases gerados pela queima desses resíduos em olarias através do seu monitoramento.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Historicamente a construção civil foi sempre um setor da indústria que gerou resíduos e consumiu recursos naturais. Porém nos últimos anos, a busca por soluções mais sustentáveis e eficientes, impulsionada pelo crescimento do setor e pela conscientização da população, cresceu e já existem certificações específicas para a área. No entanto, grande parte dos resíduos gerados em obra ainda continua sem destinação e gestão adequadas ou economicamente viáveis.

Em grande parte das construções do Brasil, os resíduos de madeira não possuem destino específico, por terem vida útil estendida pela reutilização. Porém quando isso não é mais possível, os resíduos são simplesmente queimado ou descartados em caçambas (Figura 1). Uma das destinações mais utilizadas por construtoras é enviar a madeira que não pode mais ser utilizada para olarias, que utilizam o calor da queima para a produção de blocos cerâmicos.

As certificações LEED e AQUA, as quais avaliam as construções de acordo com sua eficiência energética e qualidade ambiental respectivamente, possuem critérios específicos para gestão dos resíduos produzidos em obra. Esses critérios não são utilizados na maioria das obras hoje realizadas no Brasil e pelo fato da madeira utilizada na construção civil receber diferentes tratamentos e resinas, acredita-se que, deve ser feito um estudo, para que se verifique, ou não, a necessidade de destinação especial.

O trabalho procura responder a pergunta: “Qual é a melhor maneira de gerenciar esses resíduos de modo eficiente, sustentável e que atenda tanto à legislação brasileira quanto os critérios das certificações LEED e AQUA?”.

O trabalho trará como contribuição a avaliação das olarias como destino para esses resíduos, analisando os seguintes pontos:

- Ambiental: se o destino avaliado atende as legislações e a resolução 056/2006 SEMA e;
- Certificações: estudo dos capítulos que tratam da gestão de resíduos nos referenciais LEED e AQUA para averiguar se essa destinação facilita, dificulta ou impede a obtenção dessas certificações.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nos últimos anos o segmento da construção civil sofreu mudanças bastante significativas. Um setor que apresentava crescimentos medianos no passado passou a ser destaque no cenário nacional. Segundo Pereira (2013), o crescimento da construção civil chegou a apresentar, no ano de 2010, um crescimento de 15,2%. Contribuindo diretamente para geração de novos empregos e urbanização das cidades.

Juntamente com o desenvolvimento da construção veio o aumento do consumo de materiais como matéria prima. O segmento da construção é uma atividade tendencialmente consumidora de recursos e muitas vezes responsável por impactos ambientais, embora procure reduzir ou compensar os impactos através de novas técnicas. (CANTER, 1995, CARPENTER, 2001).

Segundo a RESOLUÇÃO nº 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o Resíduo da construção civil é definido como: “resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, dentre outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha”.

Na RESOLUÇÃO nº 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) são classificados os resíduos da construção e demolição em 4 grupos:

Classe A – Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construções, reformas e demolições de pavimentos, de obras de infraestrutura (incluindo o solo), de edificações (tijolos, argamassa, concreto, dentre outros) e de fabricação e/ou demolição de pré-moldados de concreto produzidos em obras;

Classe B – Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, metais, gesso e madeiras;

Classe C – Resíduos para cuja reciclagem/recuperação não foram desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis, como o *nylon* e outros compósitos;

Classe D – Resíduos perigosos, como tintas, solventes e óleos, e oriundos de obras em clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

São inúmeros os resíduos provenientes do setor de construção civil. Observando apenas uma obra de médio porte, podem-se encontrar todas as classes citadas acima e em grandes quantidades. Outro fator relevante é que a construção civil peca por apresentar alta taxa de desperdício, que além de gerar custos excessivos, contribui para geração de mais resíduos.

O ideal seria se a reutilização e reciclagem dos resíduos na obra fossem prática constante e incorporada ao dia-a-dia das construtoras como parte integrante do planejamento e execução das obras. Porém, no Brasil essa prática ainda é vista como sobrecarga de trabalho e até mesmo como empecilho para o andamento dos serviços e seus prazos, de acordo com Lima (2012).

### 2.1.1 Geração de resíduos

Diferentemente de países desenvolvidos, a preocupação com resíduos no Brasil é relativamente recente. Ainda está em discussão a criação de uma legislação voltada para os resíduos e o Programa Brasileiro de Reciclagem ainda não passou de sua etapa de projeto. Apesar de algumas medidas terem sido tomadas, tais como o recolhimento de baterias e a consciência da reciclagem domiciliar, o país está longe de alcançar patamar ideal em relação a reciclagem de resíduos. Em contrapartida, no final da década de 1960, os EUA já tinham uma política para resíduos.

PINTO (1999) declara que o percentual da perda de materiais e a quantidade de resíduos gerados dentro de uma canteiro de obras é de aproximadamente 50%, sendo a outra metade referente aos resíduos de demolição. O autor afirma que as estimativas internacionais de geração de resíduos variam de 130 a 3000 kg/hab.ano.

País	Quantidade Anual		Fonte
	Mton/ano	Kg/hab.	
Suécia	1,2 – 6	136 – 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 – 171	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
UK	50 – 70	880 a 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010	
Itália	35-40	600-690	
Alemanha	79-300	963-3658	
Japão	99	785	KASAI (1998)
Portugal	3,2	325	EU (1999)
Brasil	Na	230-660	PINTO (1999)

**Tabela 1: Estimativa de geração de resíduos da construção civil**  
**Fonte: PINTO (1999)**

### 2.1.2 Destinação de resíduos

Segundo Lima (2012), a triagem de resíduos provenientes da construção civil deve ser feita de acordo com a classe do material. Por exemplo, em seu “Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil”, elaborado pelo autor citado anteriormente, é apresentada uma possibilidade de destinação no CREA-PR. Os materiais classificados como Classe A podem ser encaminhados para áreas de triagem e transbordo, áreas de reciclagem ou aterros da construção civil. Resíduos Classe B tem a possibilidade de serem comercializados com empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que reciclam esses resíduos ou até mesmo serem usados como combustível para fornos e caldeira. Para os resíduos das classes C e D, “deverá acontecer o envolvimento dos fornecedores para que se configure a corresponsabilidade na destinação dos mesmo” (LIMA, 2012, p. 39).

TIPOS DE RESÍDUO	CUIDADOS REQUERIDOS	DESTINAÇÃO
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados	Privilegiar soluções de destinação que envolvam a reciclagem dos resíduos, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado.	Áreas de Transbordo e Triagem, Áreas para Reciclagem ou Aterros de resíduos da construção civil licenciadas pelos órgãos competentes; os resíduos classificados como classe A (blocos, telhas, argamassa e concreto em geral) podem ser reciclados para uso em pavimentos e concretos sem função estrutural.
Madeira	Para uso em caldeira, garantir separação da serragem dos demais resíduos de madeira.	Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem destes resíduos, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos ou caldeiras.
Plásticos (embalagens, aparas de tubulações etc.)	Máximo aproveitamento dos materiais contidos e a limpeza da embalagem.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Papelão (sacos e caixas de embalagens) e papéis (escritório)	Proteger de intempéries.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Metal (ferro, aço, fiação revestida, arames etc.)	Não há.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Serragem	Ensacar e proteger de intempéries.	Reutilização dos resíduos em superfícies impregnadas com óleo para absorção e secagem, produção de briquetes (geração de energia) ou outros usos.
Gesso em placas cartonadas	Proteger de intempéries.	É possível a reciclagem pelo fabricante ou empresas de reciclagem.
Gesso de revestimento e artefatos	Proteger de intempéries.	É possível o aproveitamento pela indústria gesseira e empresas de reciclagem.
Solo	Examinar a caracterização prévia dos solos para definir destinação.	Desde que não estejam contaminados, destinar a pequenas áreas de aterramento ou em aterros de resíduos da construção civil, ambos devidamente licenciados pelos órgãos competentes.
Telas de fachada e de proteção	Não há.	Possível reaproveitamento para a confecção de <i>bags</i> e sacos ou até mesmo por recicladores de plásticos.
EPS (poliestireno expandido – exemplo: isopor)	Confinar, evitando dispersão.	Possível destinação para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam, reciclam ou aproveitam para enchimentos.
Materiais, instrumentos e embalagens contaminados por resíduos perigosos (exemplos: embalagens plásticas e de metal, instrumentos de aplicação como broxas, pincéis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas etc.)	Maximizar a utilização dos materiais para a redução dos resíduos a descartar.	Encaminhar para aterros licenciados para recepção de resíduos perigosos.

Fonte: Sinduscon-SP, 2005

**Tabela 2: Alternativa para a destinação de diversos tipos de resíduos**  
Fonte: PINTO (1999)

### 2.1.3 Impactos ambientais

Ao mesmo tempo em que a construção civil está em pleno desenvolvimento, a preocupação com o meio ambiente não segue a mesma tendência. A noção de que o Brasil possui recursos naturais abundantes para a produção e consumo de toda a população ainda está presente na educação de toda a sociedade. Segundo Medeiros (2013), essa é uma desculpa utilizada para degradar o meio ambiente.

A presença eminente dos resíduos da construção em ambientes irregulares, trás consequências sérias referentes à saúde humana e ao saneamento básico. Cria-se um ambiente propício para a proliferação de insetos peçonhentos e insetos transmissores de doenças epidêmicas (PINTO, 1999).

No Brasil, a definição legal de impacto ambiental é regulamentada pela RESOLUÇÃO CONAMA nº 1/86, art 1º:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV. a qualidade dos recursos naturais.”

Porém, o conceito de impacto ambiental não pode ser confundido com o conceito de poluição. Sanchez (2006) aponta algumas características do conceito de impacto ambiental quando comparado ao de poluição:

- “Impacto ambiental é um conceito mais amplo e substancialmente distinto de poluição”;
- “Enquanto poluição tem somente uma conotação negativa, impacto ambiental pode ser benéfico ou adverso (positivo ou negativo)”;
- “Poluição refere-se a matéria orgânica ou energia, ou seja, grandezas físicas que podem ser medidas e para as quais podem-se estabelecer padrões”;
- “A poluição é uma das causas de impacto ambiental, mas os impactos podem ser ocasionados por outras ações além do ato de poluir”.

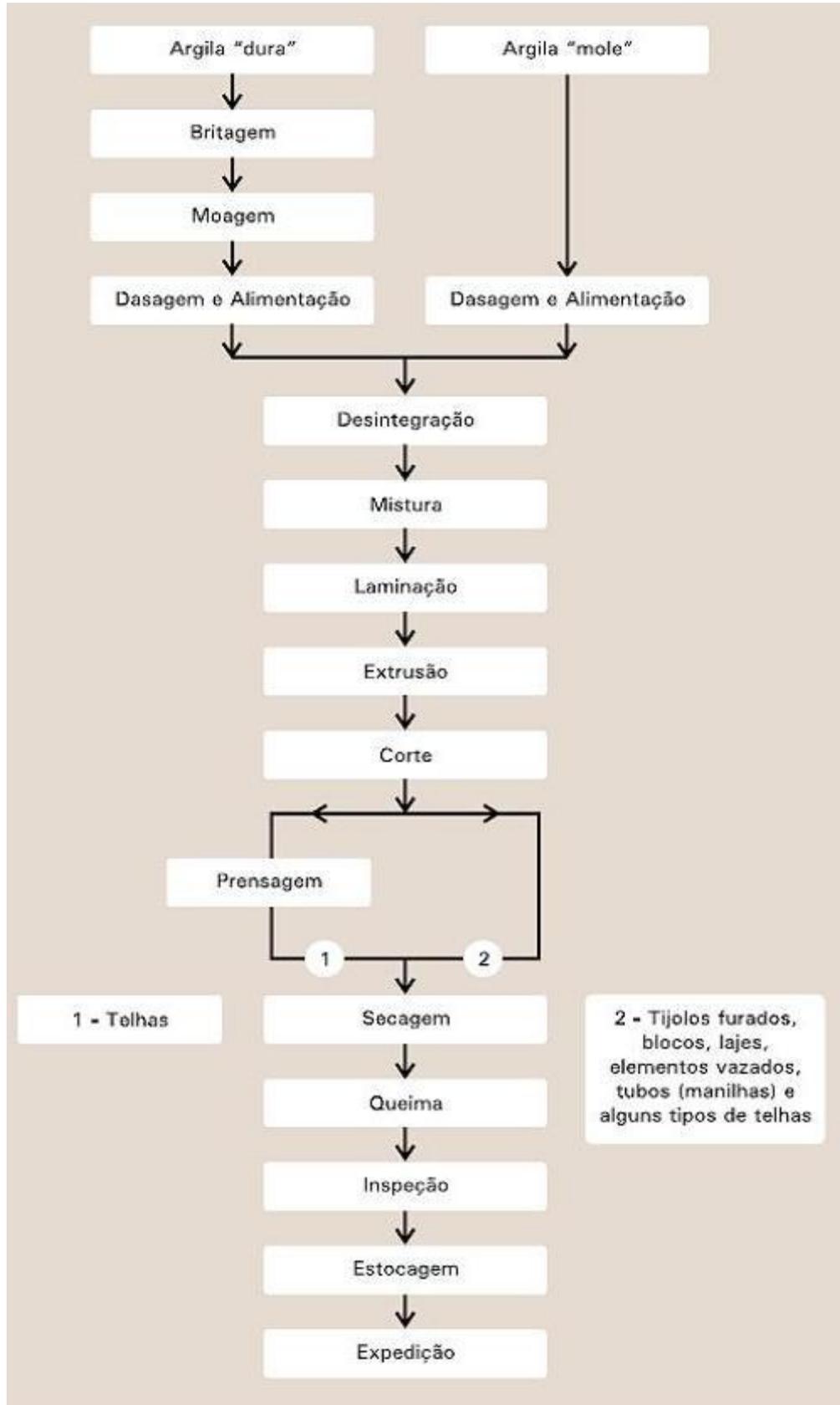
Para esclarecer a diferença entre os dois conceitos, Sánchez (2006) usa a definição de impacto ambiental como a “alteração da qualidade ambiental que resulta na modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”.

A medida mitigadora para atenuar os impactos ambientais começa a partir de estudos prévios, com a finalidade de avaliar os impactos antes que qualquer medida seja tomada e venha a acarretar significativa degradação da qualidade do meio ambiente. Esses estudos são baseados na AIA, Avaliação de Impactos Ambientais. Esse processo é objeto de regulamentação, que define de forma detalhada os procedimentos a serem seguidos, de acordo com as atividades que serão desenvolvidas (Sánchez, 2006).

Santos (2007) afirma que cabe ao poder público dar subsídios tecnológicos e econômicos para possível reversão do quadro ambiental que estamos enfrentando e a exploração descontrolada dos recursos naturais.

## 2.2 OLARIAS

O processo de produção de cerâmicas em olaria inicia na captação da matéria-prima, a argila, a tabela 2 mostra há diferença entre a coleta da argila “dura” e “mole”. A segunda etapa é efetuado um processamento, onde a argila é laminada duas vezes e destorroada. A adição de água e aditivos ocorre na segunda laminação com a finalidade de fazer correções na mistura e melhorando sua trabalhabilidade. A próxima etapa é a moldagem, feita por máquinas extrusoras, em seguida o corte e a secagem. Por fim, são cozidos a temperaturas que variam entre 800 e 1.000°C, passando pelos estágios de pré-aquecimento (até 200 °C), fogo fraco (entre 200°C e 600°C) e fogo forte (de 600°C até a temperatura máxima de queima), sustentação da temperatura e resfriamento. Após o resfriamento, alguns tipos de peças cerâmicas são submetidos à esmaltação e decoração (SILVA, 2009). A tabela 2 demonstra um fluxograma básico de olarias.



**Figura 1: Fluxograma do processo de produção de cerâmica vermelha**  
 Fonte: Modificado de Associação Brasileira de Cerâmicas – ABC,2011

### 2.2.1 Impactos ambientais das olarias

Segundo ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica), esse sistema de produção de cerâmicas tem os seus principais problemas ambientais na queima da lenha. Os resíduos da queima vem de cinzas, de óxidos de enxofre, de nitrogênio e de carbono (CO<sub>2</sub>), agentes provocadores de chuva ácida e efeito estufa. Ademais, a lenha apresenta baixo rendimento energético, impactando negativamente na qualidade e padrões técnicos dos produtos, resultando em até 30% de perda.

O uso de resíduos de madeira tem em sua ideia utilizar as medidas do Ministério do Meio Ambiente, sob o título 'Práticas sustentáveis', com um dos focos sendo o tema 'Resíduos'. Dentre as ações, está "introduzir regulamentação sobre utilização, reutilização e reciclagem de materiais de construção", além de "Disseminar o conceito 3Rs - Reduzir, Reutilizar e Reciclar" e "Utilizar tecnologias mais limpas nos processos produtivos" (BRASIL-MMA, 2009).

### 2.2.2 Gases gerados na queima

A queima de lenha utilizada para aquecer o forno até a temperatura adequada libera gases poluentes, a poluição criada por esses gases afeta os seres vivos direta e indiretamente. Os principais gases analisados são:

- Óxidos de enxofre - Dióxido de enxofre, um dos mais comuns poluentes atmosféricos, uma vez emitido, SO<sub>2</sub> (g) pode reagir com vários oxidantes presentes na atmosfera e formar sulfato particulado na forma de gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou na forma de partículas neutralizadas tais como sulfato de amônio. O processo de oxidação do SO<sub>2</sub> e outras espécies de S(IV) ocorre tanto em fase gasosa em dias claros, como também em fase aquosa, na presença de nuvens e nevoeiros. Tal processo, além de resultar na formação de sulfato particulado contribui significativamente para a produção de acidez comprometendo sobremaneira a qualidade das condições ambientais (MARTINS, 2000);
- Óxidos de nitrogênio - Os principais óxidos de nitrogênio são o óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). O dióxido de nitrogênio, na

presença de luz solar, reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando ozônio, sendo um dos principais precursores deste poluente na troposfera. O dióxido de nitrogênio, quando inalado, atinge as porções mais periféricas do pulmão devido à sua baixa solubilidade em água. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ele ser um agente oxidante (CANÇADO, 2006);

- Óxidos de carbono- . O monóxido de carbono apresenta afinidade pela hemoglobina 240 vezes maior que a do oxigênio, o que faz com que uma pequena quantidade de monóxido de carbono possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina. Como consequência, ocorre diminuição da capacidade do sangue de transportar oxigênio e desvio da curva de dissociação da hemoglobina para a esquerda, o que pode causar hipóxia tecidual (CANÇADO, 2006);
- O dióxido de Carbono é o principal gás acusado de elevar as temperaturas da Terra. Muitos cientistas preveem que o acúmulo dos gases do efeito estufa na atmosfera irá provocar cada vez maiores enchentes, secas, tempestades violentas e ondas de calor, além de elevar o nível dos oceanos (GOLDEMBERG, 2008).

### 2.2.3 Fornos

O setor de cerâmica, setor que engloba as olarias, utiliza a madeira e resíduos madeireiros como principal biomassa para a geração de energia térmica. (BRITO et al., 2008). Os autores definem a madeira como um material essencialmente orgânico, composto, de maneira geral de, por 50% de carbono, 6% de hidrogênio e 44% de oxigênio. Além desses componentes orgânicos, a madeira contém uma pequena fração de componentes inorgânicos, que permanecem como resíduos após a sua queima, sendo denominados de “cinzas”, cujo teor na madeira não ultrapassa 2% (BRITO; BARRICHELO, 1979; BRITO, 1994).

O forno é o equipamento central de uma olaria, sendo assim um fator de extrema importância na poluição das olarias é o modelo de forno utilizado para o cozimento das cerâmicas. Como comentado no capítulo 2.2 o material cerâmico é queimado a temperaturas de 800°C a 1.000 °C, passando pelos estágios de pré-aquecimento.

Os fornos variam em tamanho e no modo como é aproveitado o calor. Em um forno do tipo Abóboda, por exemplo, leva-se cerca de cinco dias entre enforar as peças, queimá-las e desenforá-las depois de esfriadas. Em um forno Túnel, o processo leva 36 horas.

Os diferentes tipos apresentam diferentes consumos específicos de lenha para a queima, mas de forma geral, esse consumo varia em torno de 0,5 a 1,2 m<sup>3</sup> de lenha por tonelada de produto queimado. (BACELLI JÚNIOR, 2010).

Os fornos mais utilizados são:

- Fornos de chama direta, tipo Caieira ou Caipira;
- Fornos do tipo chama reversível, com crivo como o Abóboda, Catarina e Corujinha e, sem crivo, como o Paulista;
- Fornos contínuos do tipo Hoffmann;
- Fornos contínuos do tipo Túnel;
- Fornos do tipo plataforma (intermitentes), tipo Vagão ou Gaveta.

## 2.3 LEGISLAÇÃO

A preocupação em dar enfoque aos assuntos pertinentes ao meio ambiente só ganhou voz no Brasil após a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada na Suíça, em 1972. A integração do meio ambiente na Lei Maior Brasileira é um marco na história legislativa do nosso país, visto que as Constituições que antecederam a de 1988 jamais se preocuparam em proteger o meio ambiente. Atualmente, além de existirem órgãos específicos para a proteção do meio ambiente, existem 18 passagens na Constituição referentes a este assunto (BRAGA, 2002).

De acordo com a Constituição Brasileira, “todos tem o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever e defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Cita ainda o papel do Estado como poder maior:

- “Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas”;
- “Definir, em todas as Unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a suspensão permitidas somente através da lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção”;
- “Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”.

Esses deveres do Estado foram colocados em prática a partir da criação da Lei Federal nº 6.938, de 27/04/1981. Esta Lei instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, fixando princípios, objetivos e instrumentos. Estabeleceu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além disso, foi reconhecida nessa lei a legitimidade do Ministério Público da União para propor ações de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente (BRAGA, 2002).

### 2.3.1 Política Nacional do Meio Ambiente

“Pela Lei nº 6.938, de 31.8.91, art. 2º, a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”.

Pela Lei nº 6.938, de 31/08/1981, no seu art. 4º, foi estabelecido que a Política Nacional do Meio Ambiente visará, entre outros objetivos, “a compatibilização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico” e “o estabelecimento de critérios de padrão de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais”.

Conforme a lei citada anteriormente, a Política Nacional do Meio Ambiente possui alguns instrumentos, os quais estão citados abaixo:

- “o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental”;
- o zoneamento ambiental;
- a avaliação de impactos ambientais;
- o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;
- a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público Federal, Estadual e Municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;
- o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
- o Cadastro Técnico Federal de atividades e instrumentos de defesa ambiental;
- as penalidades disciplinares ou compositórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;
- a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – (IBAMA);

- a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes; e
- o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos naturais”.

### 2.3.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída através da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2004. Esta contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no combate dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes da gestão inadequado de resíduos sólidos.

Ela prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente correta dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).



**Figura 2: Ciclo de utilização de resíduos**  
**Fonte: Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – Prefeitura Municipal de Curitiba (2008)**

A Lei nº 12.305/10 coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quanto na Coleta Seletiva.

### 2.3.3 Normas Técnicas

As normas técnicas foram elaboradas pelos Comitês Técnicos e publicados pela ABNT em 2004.

Essas normas envolvem as especificações para implementação de áreas de transbordo e triagem, de aterros de inertes e de reciclagem dos Resíduos da Construção e Demolição. Isso pode ser observado através da Tabela 3 abaixo.

NORMA	TÍTULO
NBR 15112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes -Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15114	Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem -Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos
NBR 15116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos

**Tabela 3: Normas técnicas da ABNT sobre reciclagem de RCD**

**Fonte: Autoria própria**

#### 2.3.4 Resolução nº 054/06 – SEMA

A Resolução 054 de 22 de Dezembro de 2006 da Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) busca definir os critérios para avaliar a qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida, pelo estabelecimento de:

- I. Padrões de emissão e critérios de atendimento para fontes industriais, comerciais e de serviços;
- II. Padrões de condicionamento;
- III. Metodologias a serem utilizadas para determinação de emissões.

Com vistas a:

- I. Melhoria da qualidade do ar;
- II. Não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

O Artigo 21 desta Resolução trata especificamente o tema deste trabalho através do item número 4: **“Geração de calor ou energia utilizando derivados de madeira como combustível”**.

Potência Térmica Nominal <sup>1)</sup> MW	Densidade colorimétrica	MP-total mg/Nm <sup>3</sup>	CO mg/Nm <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	SO <sub>x</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	Automonitoramento – Amostragem	
						Parâmetros	Frequência
Até 0,5	20% equivalente ao Padrão 1 da Escala Ringelmann <sup>2)</sup>	560	6.000	NA	NA	CO ou MP-total, O <sub>2</sub>	Anual
Entre 0,5 e 2,0		560	3.000	NA	NA		Anual
Entre 2,0 e 10		560	2.500	NA	NA		Semestral
Entre 10 e 50		400	2.000	500	NA	MP-total, CO, NO <sub>x</sub> e O <sub>2</sub>	Semestral
Entre 50 e 100		200	1.000	500	NA	MP-total, CO, NO <sub>x</sub> e O <sub>2</sub>	Semestral
Acima de 100		100	500	500	NA	MP-total, CO, NO <sub>x</sub> e O <sub>2</sub>	Contínuo

**Tabela 4: Parâmetros de avaliação dos gases gerados na queima da madeira**  
**Fonte: Resolução 54/2006 - SEMA**

## 2.4 CERTIFICAÇÕES

### 2.4.1 LEED

Em 1994 surgiu nos Estados Unidos o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED™) como um sistema para a classificação de desempenho e orientação para o mercado com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e implementação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis. Foi desenvolvido pelo USGBC com o financiamento do National Institute of Standards and Technology (NIST). O LEED foi o sistema de avaliação de projetos sustentáveis que mais cresceu e atualmente é considerado o sistema de certificação de sustentabilidade ambiental nas construções mais difundido internacionalmente. Sua primeira edição lançada foi em 1999, estando hoje em sua terceira revisão. As características do LEED foram desenvolvidas, consensualmente, por 13 categorias da indústria de construção, representadas no conselho gestor da metodologia. Além disso, o apoio de associações e fabricantes de materiais e produtos favoreceu a ampla disseminação deste esquema nos EUA. O LEED é uma estrutura, sendo um meio termo entre critérios prescritivos e especificação de desempenho, e tem como referência princípios ambiental e de uso de energia consolidados em normas e recomendações de organismos reconhecidos,

como a American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers – ASHRAE; a American Society for Testing and Materials – ASTM; a U.S. Environmental Protection Agency – EPA; e o U.S. Department of Energy – DOE.

Segundo o guia de referência do LEED (2009), o sistema divide-se em várias categorias de acordo com o tipo:

- LEED Novas Construções (NC):

A certificação é obtida considerando o terreno e a edificação com um todo. Aplicável para novas construções ou grandes reformas;

- LEED Edifícios Existentes: Operação e Manutenção (EB\_OM):

A certificação é obtida a certificação com base no desempenho de operação e na melhoria em edificações existentes;

- LEED Estrutura e Fachada (CS):

A certificação é obtida para o terreno e para as áreas comuns da edificação (parte estrutural). O empreendedor não tem responsabilidade sobre o projeto das áreas internas de cada unidade;

- LEED Interiores de Edifícios Comerciais (CI):

Nesta categoria é permitido que os ocupantes de determinado edifício possam requerer a avaliação e certificação do edifício com base no desempenho dos equipamentos e sistemas instalados em edifícios comerciais;

- LEED Residencial (Homes):

Estão inclusos residências unifamiliares e prédios multi familiares;

- LEED Desenvolvimento Urbanístico (ND):

A certificação é obtida para a parte urbanística de um condomínio, de um bairro ou de uma quadra residencial ou comercial;

- LEED Escolas (Schools):

A certificação é obtida como forma de reconhecimento do caráter único da concepção e construção de escolas;

- Lojas (piloto Retail):

Ambientes de Saúde (piloto Healthcare). Semelhante ao BREEAM, este sistema funciona com a atribuição de créditos relacionando-os com créditos pré-definidos

A certificação LEED tem uma validade de 5 anos, sendo depois necessário solicitar uma nova avaliação desta vez centrada na operação e gestão do empreendimento.

As avaliações do sistema são determinadas através do atendimento a pré-requisitos, que são itens obrigatórios, e de um sistema de pontuação, que avalia o quanto uma edificação ou construção é sustentável. Os pré-requisitos se dividem em sete áreas:

- Espaço Sustentável (Sustainable Sites - SS);
- Eficiência no uso da água (WaterEfficiency - WE);
- Energia e Atmosfera (Energy & Atmosphere - EA);
- Materiais e Recursos (Materials & Resources - MR);
- Qualidade ambiental interna (Indoor Environmental Quality - EQ);
- Inovação e Processos (Innovation & Design Process - IN);
- Prioridade Regional.

Segundo a USGBC (U.S. Green Building Council), a versão 3.0 do sistema LEED que foi atualizada em 2009 estabeleceu a área Prioridade Regional. A versão anterior incluía apenas as seis primeiras áreas supracitadas. Cada uma destas sete

áreas de avaliação integra um conjunto de 100 pontos. Para que a certificação seja obtida é necessária uma pontuação mínima de 40 pontos, sendo que quanto maior a pontuação maior é o “nível de sustentabilidade do ambiente construído”. A classificação varia de acordo o número de pontos: verde (40 a 49), prata (50 a 59), ouro (60 a 79) e platina (80 ou mais).

Para obtenção da certificação, o empreendimento necessita implantar pré-requisitos que são itens obrigatórios e alguns créditos, de acordo com a sua aplicabilidade. No entanto, quanto mais créditos forem implementados, maior será a pontuação, o que pode aumentar a classificação de verde até platina.

Cada uma das categorias 36 de avaliação representa o mesmo peso na avaliação, embora algumas das categorias possam dispor de mais indicadores pontuáveis, o que representa maior contribuição para a obtenção da classificação final.

Para se alcançar a certificação LEED é necessária uma análise prévia, no início do empreendimento, de todos os parâmetros exigidos pelo sistema de avaliação, estabelecendo metas a serem atendidas pela equipe multidisciplinar de projeto e construção, observando o atendimento de cada crédito e aos pré-requisitos. Esse processo ocorre da seguinte maneira:

1. Registro do projeto;
2. Coleta de informações pela equipe de projetos/consultores;
3. Cálculos e preparação de memoriais e plantas;
4. Envio da primeira fase (projetos) ao USGBC;
5. Coleta e preparação de documentos da 2ª fase;
6. Envio da 2ª fase (Construção Final) ao USGBC;
7. Treinamento para ocupação;
8. Pré-operação e pós-entrega;
9. Análise para certificação.

O processo de certificação LEED no Brasil ainda não tem os seus próprios parâmetros, a base ainda são os custos nos Estados Unidos. Os custos estimados para obtenção da certificação LEED nos Estados Unidos, segundo OLIVEIRA (2009) são:

- Registro do projeto junto ao USGBC: U\$ 600,00;
- Análise de projeto: entre U\$ 1.500,00 e U\$ 50.000,00 de acordo com a área construída;
- Certificação da obra: entre U\$ 750,00 e U\$ 7.500,00 de acordo com a área construída;
- Consultoria (não obrigatória): aprox. 1% do custo. O aumento estimado no custo de construção certificada com o LEED depende da quantidade de itens que o construtor vai incluir no edifício. Estima-se que se forem utilizadas todas as tecnologias disponíveis hoje no Brasil, esse valor pode chegar a 7%, sendo o maior custo gerado na etapa de construção e o maior custo-benefício fica para o usuário do edifício. Em termos de valorização do imóvel, um edifício sustentável pode agregar em torno de 20% ao seu preço de venda. Os edifícios certificados atualmente são os edifícios residenciais de classe média e classe média alta, com valor mínimo de R\$ 2,5 mil por metro quadrado e escritórios, principalmente de alto padrão, em que o imóvel é alugado por valores em torno de R\$ 40,00 e R\$80,00 por metro quadrado (CARVALHO, 2007).

#### 2.4.1.1 Implementação

Um dos pontos críticos segundo SILVA (2003) para a avaliação do LEED é a escolha do terreno para abrigar o empreendimento, pois é um fator que além de ser importante por si próprio irá alterar outras escolhas, por exemplo, a quantidade de luminosidade do terreno vai modificar as possíveis escolhas e possibilidades para diminuir o impacto de sistemas de refrigeração e do consumo energético.

Para uma garantia de eficiência energética do empreendimento, os cuidados vão além da iluminação natural, a utilização de lâmpadas mais eficientes é necessária, a priorização da utilização de equipamentos e processos mais eficientes energeticamente deve ser sempre buscada. Uma opção é a geração de energia limpa e renovável no próprio empreendimento, mas apenas se for viável, como energia solar, biocombustíveis e biomassa. Outro fator importante desta escolha é o transporte dos materiais e dos resíduos, onde a localidade vai interferir no trânsito

em volta do perímetro da obra e na distância de fornecedores e de locais de despacho.

A gestão das águas é outro ponto avaliado com rigorosidade, os recursos hídricos tem que ser otimizados para um menor uso deste recurso. Essa otimização envolve o reuso, equipamentos e aparelhos podem ser especificados para a reutilização das águas cinza, assim a quantidade dos efluentes lançadas nas redes coletoras publicas é diminuída. Ainda quanto às águas, deve ser maximizado o aproveitamento das águas de chuva (formas de captação, armazenamento, tratamento e distribuição) de forma a reduzir o consumo de água potável e tratada e a descarga nas redes coletoras.

Um bom exemplo é a reutilização de águas de piso para irrigação das plantas, que preferencialmente devem ser de espécies nativas, pois estas necessitam de menos rega; e com o aproveitamento das águas provenientes dos telhados e dos aparelhos de ar condicionado para reutilização em vasos sanitários ou torres de arrefecimento, minimizando consideravelmente a utilização de água tratada da concessionária e reduzindo o uso de energia e outros insumos necessários para seu tratamento. Assim, os materiais regionais devem ter prioridade desde que sejam ambiental e socialmente sustentáveis e, especificamente, no caso das madeiras, estas devem ser certificadas, a fim de comprovar que a sua retirada não é feita em área de desmatamento.. Sempre que possível deve ser privilegiada a reutilização e a reciclagem de materiais e resíduos dentro do próprio empreendimento reduzindo o descarte para os aterros sanitários credenciados e o seu respectivo transporte, que também impacta na geração das emissões atmosféricas.

#### 2.4.1.2 No Brasil

O Brasil vem apresentando uma adesão significativa, o Green BuildingCouncil Brasil informou no dia 11/04/2013 que cinco empreendimentos brasileiros receberam o selo Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e 15 empreendimentos entraram com pedido de certificação no primeiro trimestre deste ano. Esses números levam o país à marca de 88 empreendimentos certificados e mais de 680 pleiteando o selo entre escritórios, hospitais, escolas, agências bancárias, lojas, casas, indústrias, estádios e até mesmo museus. O

desenvolvimento da infraestrutura no Brasil levou o país ao 4º lugar no ranking de empreendimentos registrados, com 2.089.195,20 m<sup>2</sup> certificados, atrás dos Estados Unidos, Emirados Árabes Unidos e China.

A expectativa da entidade é que até o final de 2013 sejam 900 empreendimentos registrados e 120 certificados. Porém esta utilização causa algumas adversidades. Como já comentado o Leed ainda não tem os parâmetros brasileiros para a certificação, por isso pode se ter alguns problemas com os parâmetros, por exemplo, à emissão de CO<sub>2</sub> é um importante parâmetro na sustentabilidade da construção dos edifícios de países frios. Esta emissão é causada pelos aquecedores funcionarem a base de combustíveis fósseis. No Brasil não é comum a necessidade destes aquecedores, são muito mais utilizados os refrigeradores que tem como base de combustível a eletricidade proveniente de hidroelétricas. A análise mais apropriada sobre a emissão de CO<sub>2</sub> no Brasil seria sobre o gás liberado na produção dos materiais utilizados, obrigando os fornecedores a terem um indicador de eficiência.

#### 2.4.2 AQUA

Em decorrência dos impactos ambientais causados pela construção civil, fez-se necessário maior conscientização por parte das empresas e uma busca por maneiras de avaliar o grau de sustentabilidade de uma construção.

Segundo BRUNDTLAND (1987), desenvolvimento sustentável é: "desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades" (Our Common Future).

Com o objetivo de avaliar e certificar construções sustentáveis e com alta qualidade ambiental a Fundação Vanzolini adaptou à realidade brasileira o sistema francês Haute Qualité Environnementale (HQE) e lançou no Brasil em 2008 o Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental). De acordo com a Fundação Vanzolini (2007), o referencial técnico de certificação estrutura-se em dois instrumentos permitindo avaliar os desempenhos alcançados com relação aos dois elementos que estruturam esta certificação:

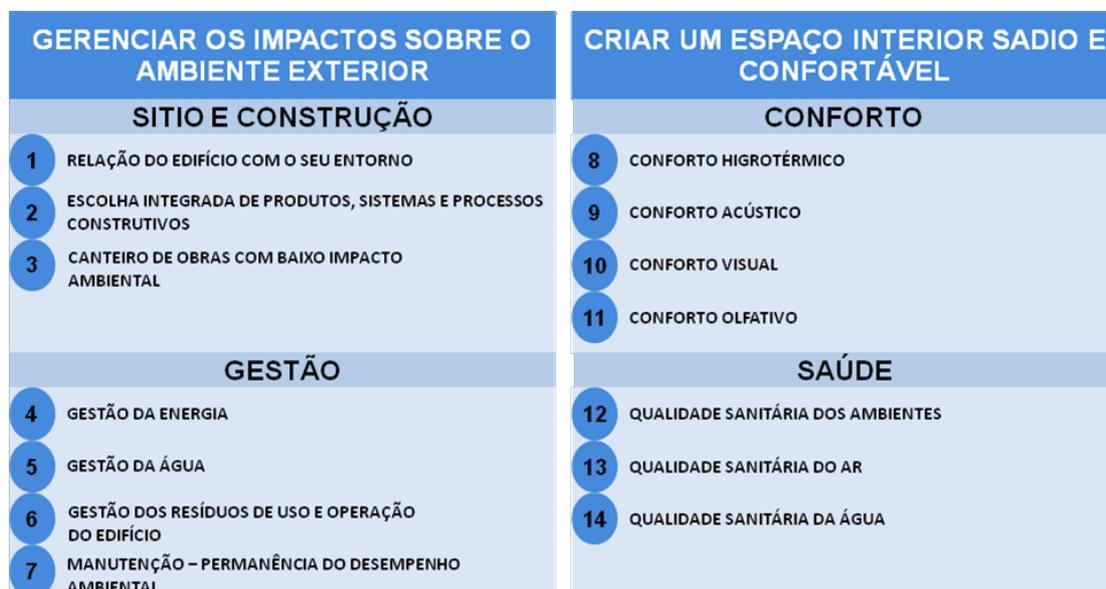
- O referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), para avaliar o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor; o qual permite definir a Qualidade Ambiental visada para o edifício e organizar o empreendimento para atingi-la, ao mesmo tempo em que permite controlar o conjunto dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção.
- O referencial da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), para avaliar o desempenho arquitetônico e técnico da construção.

De acordo com OLIVEIRA, M. L. *et al.* o QAE é avaliado em três momentos, durante o pré-projeto (programa) na fase de concepção e ao final de execução para a certificação final. O escopo da Fundação define programa como: a fase na qual se elabora o programa de necessidades destinado aos projetistas, na qual consta as especificações para a concepção técnica e arquitetônica do edifício. A concepção sendo a fase onde os projetistas, com base no programa de necessidades, elaboram a concepção técnica e arquitetônica do empreendimento. E por último, a realização, fase onde os projetos são construídos e tem como resultado final a construção do edifício.

A Fundação Vanzolini apresenta 14 categorias (Figura 4) que representam as principais preocupações ambientais, nas quais o empreendimento pode apresentar três níveis de desempenho:

- Bom: nível correspondendo ao desempenho mínimo aceitável para um empreendimento de Alta Qualidade Ambiental. Isso pode corresponder à regulamentação se esta é suficientemente exigente quanto aos desempenhos de um empreendimento, ou, na ausência desta, à prática corrente;
- Superior: nível correspondendo ao das boas práticas;
- Excelente: nível calibrado em função dos desempenhos máximos constatados em empreendimentos de Alta Qualidade Ambiental, mas se assegurando que estes possam ser atingíveis. (Análise da Aplicação da

Certificação AQUA em Construções Civis no Brasil, 3rd International Workshop | Advances in CleanerProduction).



**Figura 3: Catorze categorias do processo AQUA**

Fonte: Fundação Vanzolini

#### 2.4.2.1 Economia na certificação AQUA

Para SACHS (2002) desenvolvimento econômico equilibrado é aquele que traz autonomia de pesquisa científica e tecnológica. De acordo com o Manuel Carlos Reis Martins, coordenador do processo AQUA, em entrevista à Projeto DESIGN (Edição 354, 2009) não se pode afirmar que uma obra sustentável é mais cara já que não existem valores de referência. É preciso imagina-la sustentável e depois não sustentável para que se saiba a diferença. Segundo ele, o custo adicional médio é de 5% nas fases de programa e na concepção, comparado à uma obra convencional. Porém as economias em uso de energia, água, manutenção e tratamento de resíduos vão garantir o retorno desses 5% em um prazo que varia entre dois e cinco anos. Martins afirma que isso traz benefícios ao usuário e ao empreendedor e que a construção mantém seu valor patrimonial por mais tempo além de os escritórios em um conjunto sustentável serem locados mais rapidamente. Oliveira <sup>1</sup> conclui que a certificação AQUA possui um diferencial, pois o empresário

consegue provar, através da documentação e seus registros que construiu um edifício sustentável, o que aumenta a velocidade de venda do empreendimento.

#### 2.4.2.2 Ecologia na certificação

Segundo Sachs (2003), seria ecologicamente correto respeitar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais visando à substituição do uso de recursos não renováveis pelos renováveis aumentando sua eficiência.

A Fundação Vanzolini (2007) da flexibilidade e afirma que o empreendedor possui liberdade para traçar o perfil ambiental pretendido e propor alternativas conceituais para atingir os objetivos determinados. Para eles os sistemas que podem ser adotados em uma residencial sustentável são, por exemplo: o reaproveitamento de água; a automação com vistas à redução de consumo de energia e ao conforto ambiental; a utilização de energia solar; adoção de produtos e materiais recicláveis, entre eles, a madeira certificada, pisos sustentáveis, telhas de material reciclados, entre outros.

#### 2.4.2.3 AQUA e LEED

Martins afirma que apesar dos processos de certificações serem todos semelhantes e envolverem as mesmas preocupações, por exemplo: emissão de carbono energia, água, implantação no território, resíduos, conforto. Porém devido a maior preocupação dos países do hemisfério norte, principalmente nos Estados Unidos, com a energia utiliza-se o LEED o qual tem foco na eficiência energética. No Brasil, segundo ele, não existe uma preocupação menor com água, resíduos, conforto e saúde do que ha com energia, portanto no AQUA existem quatorze fatores nos quais o empreendimento deve alcançar ao menos três resultados excelentes, quatro superiores e sete bons para obter a certificação. Isso significa que não se pode escolher critérios a serem ignorados nem critérios onde não se irá pontuar. Ainda de acordo com Martins principal diferença é que no AQUA não interessam relações como, a relação entre áreas opacas e translúcidas numa fachada o que conta é o desempenho final do edifício, outra grande diferença é que o AQUA exige um sistema de gestão para garantir que o empreendimento realmente atinja os níveis previstos. O coordenador conclui que ao final o projeto vai ser o

melhor do ponto de vista técnico, de conforto, funcionalidade, economia. Ter a certificação é uma garantia de que esses critérios são reais e estão presentes.

### **3 METODOLOGIA**

Para o alcance do objetivo dessa pesquisa foi necessária a escolha de uma olaria. A Cerâmica entre Rios foi a escolhida. Analisando o processo de produção do tijolo cerâmico descrito na Figura 2, a etapa avaliada é a da queima.

Nesta etapa avaliada, onde a madeira triturada é usada como combustível. Nesta combustão são gerados dois resíduos, a cinza e a fumaça. Este trabalho focou na poluição gerada pela fumaça deixando as cinzas para uma futura análise. Assim todos os métodos estão baseados no estudo dos gases gerados da combustão.

Para a escolha da olaria alguns fatores foram analisados. Esses fatores foram demonstrados na Tabela 5.

<b>FATORES AVALIADOS</b>	<b>NECESSIDADE DO TRABALHO</b>
<b>1. LOCALIZAÇÃO</b>	Necessita estar localizada em Curitiba-PR.
<b>2. ORIGEM DA MADEIRA</b>	A madeira deve ter origem dos resíduos de madeira da construção civil.
<b>3. TRABALHADORES COM CARTEIRA ASSINADA</b>	Os trabalhadores da olaria devem ser contratados com carteira assinada.
<b>4. USO DA MADEIRA</b>	Para o combustível dos fornos deve ser utilizado apenas os resíduos de madeira.
<b>5. SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS</b>	Deve ser feita uma separação entre os resíduos de madeira e os restantes.
<b>6. OBRAS FORNECEDORAS</b>	As obras fornecedoras devem estar localizadas em Curitiba-PR
<b>7. ORIGEM MATÉRIA-PRIMA</b>	Todas as madeiras devem ter sua origem inicial reconhecidas pelo IBAMA

**Tabela 5: Fatores avaliados para a metodologia**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.1 DADOS DA OLARIA

Razão Social: Cerâmica Entre Rios Ltda.

---

CNPJ: 80.372.154/0001-43

---

Numero de Funcionários: 8

---

Endereço: Rua Nicola Pellanda, 8595- Umbará

---

CEP: 81930-360

---

Produção Diária: Aproximadamente 17.000 Tijolos

---

Matéria Prima utilizada diariamente: 30 t de Argila

---

Consumo diário de resíduos de madeira: 20 m<sup>3</sup>

---

Tipo de Forno: Forno Túnel

---

Potência térmica: Entre 0,5 e 2,0 MW

---

### 3.2 MÉTODOS

Para a determinação da poluição gerada pela queima da madeira três métodos foram realizados:

1. Método com análise rápida.

O equipamento GasAlert MICROCLIP da BW Technologies funciona captando os gases gerados e mostrando a porcentagem desses gases. O GasAlert tem a capacidade de captar os gases H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, LEL e CO.

O método é rápido e com o resultado imediato. Os seguintes critérios foram utilizados na obtenção dos dados:

- Em intervalos aproximados de 20 minutos (intervalo entre os abastecimentos do forno) ;
- Distância aproximada de 30 centímetros da saída da chaminé (distância mais próxima da chaminé possível de se avaliar os gases);
- Horários de coleta próximos entre os 2 dias de visita.



**Figura 4: GasAlert MICROCLIP da BW Technologies**  
**Fonte: Autoria própria**

## 2. Método com análise completa.

Método consiste de captar amostras dos gases gerados da queima da madeira com a Bomba Gravimétrica de Baixa Vazão e o envio para um laboratório especializado que define a concentração de CO<sub>2</sub> e CO da queima.

O método é mais acurado e com resultado mais demorado. A coleta dos gases utilizou as seguintes regras:

- 100 minutos de coleta (tempo mínimo de coleta exigido pelo laboratório Alac Ltda;
- Distância aproximada de 30 centímetros da saída da chaminé (distância mais próxima da chaminé possível de se captar os gases);
- Volume de 4,00 litros de volume de ar (volume mínimo exigido pelo laboratório Alac Ltda;
- Utilizou-se uma bomba com vazão de 0,04 L/min.



**Figura 5: Bomba Gravimétrica de Baixa Vazão**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3. Análise de avaliações terceirizadas pela olaria

Método consiste em estudar a avaliação feita previamente na olaria com o intuito de demonstrar para a prefeitura de Curitiba que a Cerâmica Entre Rios Ltda. está de acordo com as legislações brasileiras e paranaenses e comparar os resultados com os obtidos nos outros dois métodos.

Essa avaliação prévia adotou o método de análise eletroquímica de gases. Este método avalia a geração de gases diretamente da fonte (dentro do forno). Por isso as taxas dos gases poluentes são maiores. O motivo desta divergência é a não mistura com os gases da atmosfera, ou seja não há dispersão. A análise foi efetuada com os seguintes critérios:

- Em intervalos regulares de 1 minuto;
- Em período representativo e em condições típicas do processo;
- Respeitando faixa de leitura do equipamento.
- Utilização do equipamento Analisador de Gases de Combustão.

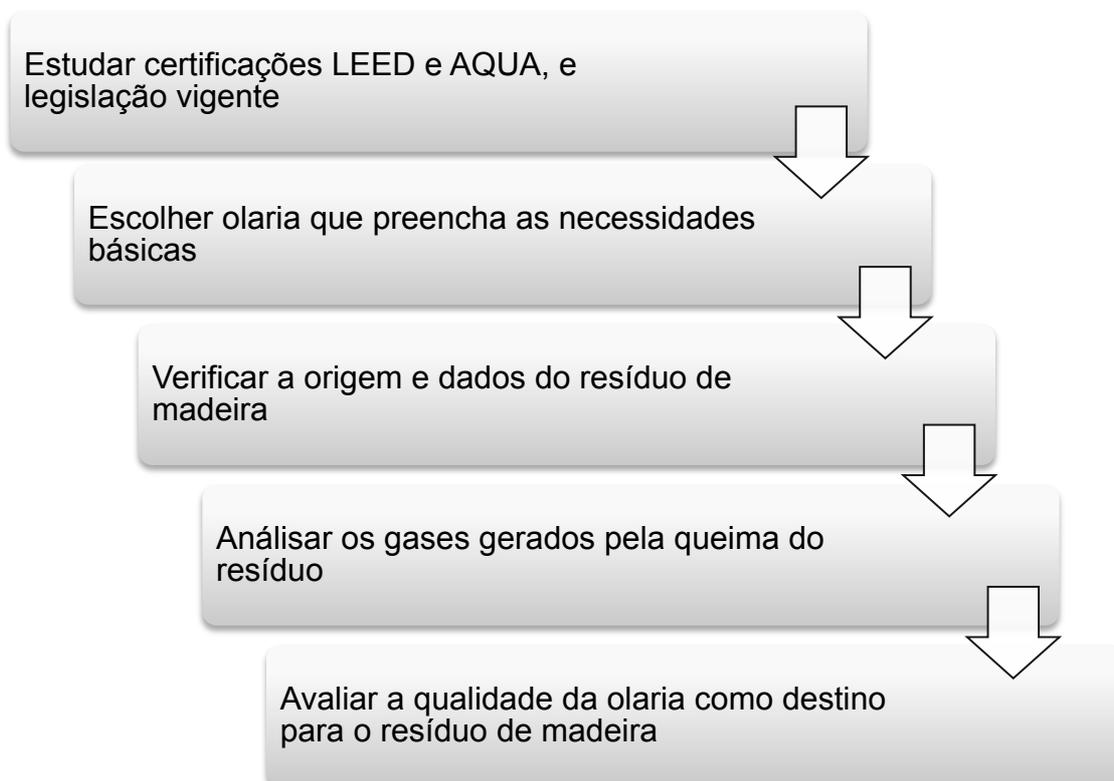
### 3.3 ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS DAS CERTIFICAÇÕES

#### 3.3.1 Certificação AQUA

Para analisar os critérios e exigências da certificação AQUA foi utilizado o referencial técnico para edifícios comerciais (2013) disponibilizado pela Fundação Vanzolini. Constam neste referencial os critérios para pontuação e as exigências mínimas nas quatorze categorias para que a construção receba o selo de alta qualidade ambiental.

Este trabalho busca encontrar, no referencial, categorias que tratem da gestão de resíduos gerados na construção civil, mais especificamente sobre a gestão dos resíduos de madeira. A partir daí estudar quais ações são tidas pelo referencial como boas práticas ou aquelas que excedam as necessidades mínimas da certificação.

Por último analisar se destinar estes resíduos para olarias, tema deste trabalho, onde serão queimados para abastecer os fornos, é uma solução viável e vai de encontro às exigências mínimas; se essa solução enquadra-se como uma destinação “excelente” ou se existe alguma restrição imposta pela certificação para queima dos resíduos da construção civil.



**Figura 6: Etapas de estudo**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.4 RESULTADOS OBTIDOS EM CAMPO

#### 3.4.1 Resultados do método de análise eletroquímica de gases (Método terceirizado).

Estes resultados obtidos tiveram data de medição de 14/04/2011. O relatório e foi realizado pela Quimitec Química Industrial Ltda.

Os valores Obtidos estão descritos na tabela 7.

<b>Parâmetros Monitorados:</b>	<b>MPT</b>	<b>SOx</b>	<b>CO</b>	<b>NOx</b>	<b>O2</b>	<b>Outros</b>
<b>Média das amostragens:</b>	N/A	N/A	212,6 ppm	N/A	19,53%	N/A
<b>Início da Medição:</b>	N/A	N/A	08:42	N/A	08:42	N/A
<b>Final da Medição:</b>	N/A	N/A	08:51	N/A	08:51	N/A
<b>Resultado Corrido para O2 referencial (mg/Nm3):</b>	N/A	N/A	723,4	N/A	N/A	N/A
<b>Atendimento ao padrão:</b>	N/A		SIM	N/A	N/A	N/A

**Tabela 6: Concentração de gases emitidos na queima da madeira**  
Fonte:Quimitec

Obs.: Oxigênio Referencial: 17%N/A: Não aplicável.

O método de análise eletroquímica de gases demonstra que os sulfetos e os nitratos não chegam a uma quantidade suficiente a ponto de serem captados pelo equipamento. Dentre os gases poluentes, os quais foram que necessitaram ser analisados, apenas o CO obteve um resultado significativo.

O limite estipulado pela Resolução nº 054/06 (SEMA) para a concentração de CO é de 436.6 ppm. Como indicado, perante essa análise, os resultados estão dentro do permitido.

Levando em consideração que o método utilizado por estes utiliza um local de amostragem diferente dos outros dois métodos estudados, não se pode ter como parâmetro de comparação junto aos outros métodos.

### 3.4.2 Resultados laboratório ALAC Ltda.

Resultados obtidos pelo laboratório ALAC (Figura 6) são referentes ao ensaio utilizando a Bomba Gravimétrica de Baixa Vazão.

Agente Químico	Resultado	LQ	Limites de Tolerância
			NR-15
Dióxido de Carbono	4583ppm	0,15	3900ppm
Monóxido de Carbono	30,8ppm	0,15	39ppm

Legenda:

NR-15: Norma Regulamentadora N° 15.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists 2013.

LQ: Limite de Quantificação calculado com base no volume de ar amostrado.

**Figura 7: Análise geral**  
**Fonte: Laboratório ALAC Ltda**

Os resultados obtidos pelo método da Bomba Gravimétrica de Baixa Vazão (Figura 6) são claramente diferentes dos obtidos pelo método de análise eletroquímica de gases. O local de coleta, a chaminé, tem um contato maior com o ar atmosférico o que possibilita e tem a possibilidade de inalação, desses gases, pelos trabalhadores. ser inalado por trabalhadores. Mesmo que as proximidades da chaminé não são um ambiente de trabalho diário, seus resultados foram comparados aos parâmetros admitidos na NR15, norma regulamentadora de atividades e operações insalubres, por se tratar de um local com possível necessidade de manutenção.

Pelo fato de a ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ser uma norma regulamentadora internacional, seus critérios também foram considerados para avaliar os resultados.

Como demonstrado na Figura 6, do Laboratório ALAC, os dois agentes químicos (CO e CO<sub>2</sub>), não estão de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas utilizadas em prol de fiscalizar as condições insalubres, as quais estão

expostos os trabalhadores. O Dióxido de Carbono não respeita os limites da ACGIH e o Monóxido de Carbono não está dentro do limite de tolerância da NR15.

A partir desse estudo, fica demonstrado que não há condição saudável de trabalho, devido à hostilidade do ambiente, tendo em vista que os limites desses gases não foram respeitados.

### 3.4.3 Resultados Obtidos pelo GasAlert MICROCLIP

Nas tabelas 7 e 8 são apresentados os valores obtidos pelo aparelho GasAlert nos dias 22/02/2014 e 07/09/2013. O aparelho apresentou os níveis de CO e H2S medidos em ppm na saída da chaminé do forno da olaria e os horários da captação.

<b>GasAlert MICROCLIP</b>			
Horário (hh:mm)	CO (ppm)	H2S (ppm)	Limite NR-15 (ppm)
08:40	64	0	39
09:05	50	0	
09:20	42	NC	
09:41	53	2	ACGIH (ppm)
10:15	39	NC	
10:45	100	3	25
11:10	78	0	
11:25	111	2	

**Tabela 7: Níveis de Co e H2S – GasAlert – coleta do dia 22/02/2014**  
**Fonte: Quimitec**

\*NC – Não captado (o aparelho não apresentou valores nessa medição)

GasAlert MICROCLIP			
Horário (hh:mm)	CO (ppm)	H2S (ppm)	Limite NR-15 (ppm)
09:15	84	2	39
09:34	65	1	
09:55	35	0	
10:22	94	2	
10:47	103	2	ACGIH (ppm)
11:05	71	0	25
11:25	56	0	
11:50	66	1	
12:07	63	0	

**Tabela 8: Níveis de Co e H2S – GasAlert – coleta do dia 07/12/2013**  
**Fonte: Quimitec**

\*NC – Não captado (o aparelho não apresentou valores nessa medição)

O método que utiliza o equipamento GasAlert tem uma precisão inferior aos outros anteriormente avaliados, mas pode auxiliar na avaliação de que a emissão de gases não é constante, mesmo a queima na olaria sendo contínua, por utilizar o forno de modelo túnel. As medições do dia 22/02/2014 tem uma diferença entre o maior e o menor dado coletado de 72 ppm e as medições do dia 07/12/2013 tem uma diferença de 68 ppm. Essas diferenças mostram que a situação ainda é pior do que se demonstra pelo método da Bomba Gravimétrica de Baixa Vazão. Em vários momentos a emissão ultrapassa o triplo do permitido pela NR15.

Como o ambiente onde foram medidos os níveis dos gases não é local de trabalho contínuo, apenas foco de manutenção, em que o equipamento encontra-se desligado, esse dado não representa perigo de intoxicação, podendo ser desconsiderado.

### 3.5 CERTIFICAÇÃO AQUA

A 6ª das quatorze categorias de qualidade ambiental do processo AQUA trata da gestão de resíduos de uso e operação do edifício. Esta categoria divide-se em duas subcategorias que avaliam respectivamente a otimização da valorização dos resíduos gerados pelas atividades de uso e operação do edifício e a qualidade do sistema de gestão dos resíduos de uso e operação do edifício.

De acordo com o referencial da fundação Vanzolini a primeira consiste em reintroduzir o resíduo gerado, no caso deste estudo, durante a construção na sua totalidade ou em uma parcela de volta ao círculo econômico com o objetivo de:

- Revalorização do material:
  - Reuso: mesma utilização da primeira aplicação.
  - Reutilização: uso diferente da primeira aplicação.
  - Reciclagem: Reintrodução direta do material em seu próprio ciclo de produção, substituindo total ou parcialmente a matéria prima nova.
  - Regeneração: reposição ao resíduo as suas características originais que permitam a sua utilização em substituição a uma matéria prima nova.
  
- Revalorização energética (por incineração): recuperação das calorias por combustão.
  
- Revalorização orgânica (ou compostagem): fermentação dos resíduos orgânicos e minerais.

Portanto para que a subcategoria 6.1 tenha desempenho excelente na avaliação de qualidade ambiental do edifício (QAE) se faz necessário classificar os resíduos de acordo com sua natureza e categoria na fonte geradora, além de identificar as atividades presentes no terreno, identificar detalhadamente os resíduos gerados e por fim estabelecer uma cadeia de reaproveitamento de resíduos satisfatória do ponto de vista ambiental e econômico, como pode-se observar na Tabela 7 :

Quadro de avaliação			
Preocupação	Indicador	Critério de Avaliação	
		Título	Nível
6.1.1. Identificar e classificar a produção de resíduos de uso e operação do edifício com a finalidade de valorizá-los ao máximo	Disposições tomadas para conhecer as características da gestão de resíduos de uso e operação, tendo em vista sua revalorização	Classificação dos resíduos de uso e operação por sua natureza <sup>(1)</sup>	B
		Classificação dos resíduos de uso e operação por categoria <sup>(2)</sup>	S
		Idem Nível S e estimativa dos fluxos de resíduos de uso e operação <sup>(3)</sup> e escolhas satisfatórias das cadeias locais de reaproveitamento de resíduos <sup>(3)</sup>	E
6.1.2. Estimular a triagem de resíduos na fonte geradora	Disposições tomadas para favorecer a triagem na fonte geradora	Disposições justificadas e satisfatórias <sup>(4)</sup>	S

**Tabela 9: Quadro de avaliação**  
Fonte: Fundação Vanzolini

Este estudo mostra que as olarias localizadas em Curitiba e região metropolitana, que possuam licença e estejam dentro da legislação vigente, se encaixam como solução para a última preocupação desta subcategoria. Essas olarias, como a Cerâmica Entre Rios visitada para o desenvolvimento deste trabalho, utilizam a energia produzida na incineração da serragem de madeira, proveniente da construção civil, a fim de manter o forno ligado durante longos períodos de tempo durante o processo de produção de blocos de alvenaria cerâmicos.

Para que a categoria 6 de gestão de resíduos seja considerada excelente na QAE é necessário ainda que os três indicadores da subcategoria 6.2 presentes na Tabela 8 sejam atendidos:

Preocupação	Indicador	Critério de Avaliação	
		Título	Estado
6.2.1. Facilitar a gestão dos resíduos	Disposições arquitetônicas	Disposições justificadas e satisfatórias <sup>(1)</sup>	Atende
6.2.2. Otimizar os circuitos dos resíduos de uso e operação	Reflexão sobre os circuitos dos resíduos de uso e operação (coleta, agrupamento, retirada)	Disposições justificadas e satisfatórias <sup>(2)</sup>	Atende
6.2.3. Assegurar a permanência do desempenho do sistema de gestão de resíduos de uso e operação	Evoluções potenciais do sistema de gestão dos resíduos de uso e operação	Disposições justificadas e satisfatórias <sup>(3)</sup>	Atende

**Tabela 10: Referencial técnico de certificação “Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA”**  
Fonte: Fundação Vanzolini

Esta subcategoria, segundo o referencial tem o objetivo de garantir que o sistema de gestão de resíduos mantenha-se durante toda a vida útil do empreendimento, incluindo a busca por maneiras que venham a ser mais satisfatórias do ponto de vista ambiental e econômico, antecipando-se a evoluções futuras nas cadeias de reaproveitamento.

A sexta categoria tem por objetivo, portanto, limitar a produção de resíduos finais tanto na fase de construção quanto durante o uso do edifício. Para tanto, observa-se ser importante adotar medidas como a separação dos resíduos gerados, a reutilização destes e a busca por uma destinação adequada onde estes resíduos poderão ser reaproveitados e revalorizados.

### 3.6 CERTIFICAÇÃO LEED

O segundo crédito, de Gerenciamento de Resíduos da Construção (ConstructionWaste Management), do capítulo de Materiais e Recursos (Materials&Resources) pode dar ao empreendimento um ou dois pontos, dependendo da porcentagem de material "desviado" de aterros.

De acordo com o referencial Leed, a intenção desse crédito é analisar a quantidade de resíduos da construção e demolição que sai do canteiro e possui destino diferente dos aterros e usinas de incineração.

O referencial indica que para a implementação desse crédito deve-se identificar empresas de reciclagem que possam legalmente retirar esses materiais e dar o destino final. Segundo o Green BuildingCouncil (GBC), essas empresas tornam-se grandes parceiras da obra no esforço para obtenção desses pontos e da certificação. Ainda de acordo com o referencial, é necessário obter garantias de que essas empresas estão realmente dando a destinação desejada.

Para a certificação Leed os pontos são concedidos de acordo com a Tabela 9:

Reciclados ou Recuperados	Pontos
50%	1
75%	2

**Tabela 11: Tabela de pontuação GR Crédito 2**  
**Fonte: Referencial Leed**

O cálculo dessa porcentagem baseia-se na quantidade de material reciclado ou recuperado para reutilização em relação à quantidade total de resíduo gerado no local, em massa ou volume. Resíduos perigosos e solo retirado devem ser excluídos do cálculo, o primeiro devem ser descartados de acordo com a legislação vigente.

## 4 CONCLUSÕES

Quanto às certificações, tanto o LEED quanto o AQUA apontam a olaria como um item positivo dentro da pontuação mínima para obtenção da certificação. De acordo com o Green Building Council (GBC), o resíduo de madeira destinado para a queima em olaria pode ser considerado um material recuperado. Ou seja, a sua utilização para outros fins é considerada uma reutilização. Dentro da certificação AQUA, como visto no capítulo anterior, reaproveitar a madeira para a produção de blocos de alvenaria caracteriza essa ação como reutilização, pois é utilizado para outro uso, e a revalorização energética por incineração, quando o calor gerado na queima do resíduo é utilizado para produção de um novo produto. Pode-se concluir que obras que almejam obter qualquer uma das certificações estudadas no trabalho devem destinar os resíduos para olarias, pois isso facilitará o processo de certificação.

Quanto aos impactos causados pela queima e às legislações vigentes, existem dois lados. O primeiro em relação a NR 15. De acordo com a norma citada, a queima da madeira transforma a olaria em um local impróprio para trabalho. Porém, deve-se levar em consideração que não existe nenhuma atividade de trabalho próxima à chaminé. Esta somente é alvo de trabalho durante suas manutenções periódicas, quando esta encontra-se desligada. O segundo laudo leva em consideração a legislação vigente atualmente. Pelos resultados apresentados em laboratório a queima da madeira está dentro dos limites impostos pela Resolução nº 054/06 da SEMA. Ou seja, ambientalmente, a queima da madeira também é considerada uma forma viável de destinação. Em uma pesquisa futura será analisado a viabilidade de se aproveitar também as cinzas resultantes da queima da madeira para produção de tijolos, como proposto por Mauro Valério da Silva, em sua pesquisa “Desenvolvimento de Tijolos com Incorporação de Cinzas de Carvão e Lodo Provenientes de Estação de Tratamento de Água”, objetivando aumentar ainda mais o aproveitamento da madeira no ciclo econômico.

Por fim, através da pesquisa realizada pode-se chegar a conclusão de que a queima da madeira proveniente da construção civil em olarias é uma forma viável e eficiente. Tanto ecologicamente quanto financeiramente

## REFERÊNCIAS

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução nº30, de 5 de julho de 2002: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Julho, 2002.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução nº001, de 23 de janeiro de 1986: Critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Janeiro, 1986.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999, 189 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

SANTOS, Thiago Justino de Souza; NETO, José Lopes Soares. **Identificação de aspectos ambientais e seus respectivos impactos em construção civil.** Palmas, TO, 2009. Disponível em <[http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Identificacao\\_de\\_aspectos\\_ambientais\\_e\\_seus\\_respectivos\\_impactos\\_em\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Identificacao_de_aspectos_ambientais_e_seus_respectivos_impactos_em_construcao_civil.pdf)>. Acesso em 06 agosto 2013.

PEREIRA, Vivian. **Construção civil no Brasil deve crescer de 3,5% a 4% em 2013.** 2013. Disponível em <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,construcao-civil-no-brasil-deve-crescer-de-35-a-4-em-2013,966458,0.htm>>. Acesso em 06 agosto 2013.

LIMA, Ruy Reynaldo Rosa; LIMA, Rosimeire Suzuki. **Guia para Elaboração de Projeto de Genciamento de Resíduos da Construção Civil.** Publicação CREA-PR. 2012

BRAGA, Benedito. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 1 ed. São Paulo. Prentice Hall . 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira – Bases para discussão**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 18 de agosto de 2013.

SALSA, C. 2009. Geração de resíduos de construção civil: desafios e soluções. **Portal EcoDebate**. Disponível em <http://www.ecodebate.com>. Acesso em 18 de agosto de 2013.

SILVA, V. G. da, SILVA, M. G. da, AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade, **Ambiente Construído**, vol. 3, nº 3, pp. 7-18, 2003.

LEED. GuideReference (version 3.0), 2009.

SILVA, Amanda Vieira. PACHECO, **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos no estado do Ceará – da extração da matéria-prima a fabricação**. 2009. 102 f. Monografia – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2009.

PACHECO, Tathiana Cardoso. **Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras no rio de janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

RODRIGUES, Monique Cordeiro; DUARTE, Gracimeire de Carvalho. SOUZA, Maria Christina Rodriguez Xavier. A aplicação da ferramenta de certificação leed para avaliação de edifícios sustentáveis no Brasil. **Construmetal**, São Paulo, agosto. 2010. Disponível em: <[http://www.utfpr.edu.br/dibib/normas-para-elaboracao-de-trabalhos-academicos/normas\\_trabalhos\\_utfpr.pdf](http://www.utfpr.edu.br/dibib/normas-para-elaboracao-de-trabalhos-academicos/normas_trabalhos_utfpr.pdf)>. Acesso em: 8 de agosto de 2013.

MARTINS, Cláudia Rocha. ANDRADE, Jailson Bittencourt. Química atmosférica do enxofre (IV): Emissões, reações em fase aquosa e impacto ambiental. **Química Nova**, São Paulo, Vol. 25, No. 2, 259-272, maio. 2002.

CANÇADO, José Eduardo Delfini; BRAGA, Alfesio; PEREIRA, Luiz Alberto Amador. Repercussões clínicas da exposição a poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, Vol.32, maio. 2006.

CANTER, LARRY W. **Environmental Impact Assessment**. McGraw-Hill. New York. 1995

CARPENTER, T. G. **Environment, Construction & Sustainable Development - The Environmental Impact of Construction**, vol. 1. 2001.

Sánchez, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo : Oficina de Textos, 495 p : 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo. Atlas S/A. 2002.

GOLDEMBERG J.; **BiotechnolBiofuels** .1 ed. 2008.

M. L. Oliveira, C. B. da Silveira, O. L. G. Quelhas, V. J. Lameira. **Análise da Aplicação da Certificação AQUA em Construções Civis no Brasil**. 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production, 2011. <sup>1</sup>

Sachs, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Garamond. 4ª ed, 2002.

Fundação. Vanzolini. **Referencial Técnico de Certificação Edifícios do Setor de Serviços – Démarche HQE**, 2007.

Martins, Manuel Carlos Reis. **SUSTENTABILIDADE SEGUNDO O AQUA** Nanci Corbioli. Projeto DESIGN, Agosto de 2009.

Brundtland, GroHarlem. **“Our Common Future.”** Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICAS – ABC. Informações Técnicas: Processo de Fabricação de Cerâmica Vermelha. 2011. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/?area=45>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

BRITO, J.O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba, p.280-282, 1993.

O uso energético da madeira. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, p.1-9, 2007.

USOS diretos e propriedades da madeira para geração de energia. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, n.52, p.1-15, 1979.

BARRICHELO, L.E.G. **Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis.** In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., 1982, São Paulo. Anais... São Paulo, p. 101-137, 1982.

BACCELLI JÚNIOR, G. Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do Sériido - RN. 2010. 201p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010. 201p.