



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**Un estudio sistémico sobre el diseño de los hornos  
tradicionales de cerámica roja para contribuir con la  
sostenibilidad de la Amazonia brasileña**

**Tesis Doctoral**  
(Sheila Cordeiro Mota)

Director: Prof. Dr. D. Bernabé Hernandis Ortuño  
Codirectora: Profa. Dra. Dña Karla Mazarelo Maciel Pacheco

Valencia, 2017





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**Universitat Politècnica de València**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**  
**Departamento de Ingeniería Gráfica**

**Un estudio sistémico sobre el diseño de los hornos  
tradicionales de cerámica roja para contribuir con la  
sostenibilidad de la Amazonia brasileña**

Programa de Doctorado: Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales

Valencia, 2017





---

Tesis realizada bajo la dirección del Profesor Dr. D. Bernabé Hernandis Ortuño  
en el Departamento de Ingeniería Gráfica, para la obtención del grado de doctora  
presenta Dña. Sheila Cordeiro Mota



---

## **Dedicatória**

Dedico mais este degrau conquistado a todos aqueles, que no transcurso da história da humanidade, possibilitaram a difusão do conhecimento, tornando-nos cada vez mais libertos da escravidão da ignorância. Um grito de vitória conquistado com dignidade reflete o sentido daquilo que buscamos, atemporal, imaterial e infinito.

Dedico este caminho percorrido e estes novos horizontes que me surgem, de forma direta e com o coração repleto de gratidão a meus pais Tiago e Eliete, que se dispuseram diante do saber divino em me trazer ao mundo; ao meu marido e amor de minha vida, o Professor Dr. Edjair Mota, sem ele nada disso nunca teria sido motivado; as minhas filhas Sofia e Laura, mais nobres conquistas de minha vida, a meus companheiros de Departamento / UFAM, que acreditaram em meus esforços, motivando-me constantemente a alcançar esta conquista; a meus colegas de doutorado, Julio César e Omar Miranda, que pacientemente me orientaram sobre o caminhar da comunicação idiomática do espanhol.

Dedico um especial brilho ao meu querido Professor, Dr. Bernabé Hernandis Ortuño, por haver depositado confiança em mim, que neste feito, acreditou em meu potencial e esforço, me orientando pacientemente, assim como fazem os grandes mestres e sábios.

Dedico por fim, este trabalho a duas grandes professoras do curso de Design da UFAM. As Professoras, Dra. Karla Mazarelo e Dra. Patrícia Braga, que incansavelmente constroem com pioneirismo, muitos dos caminhos exitosos pelos quais caminhamos hoje, acreditando que a conquista do saber é uma das mais valiosas jóias da vida.

Por fim, quero dedicar este trabalho a todos aqueles que passaram e passam pela minha vida. Pessoas, que reencontrei na Espanha, em especial a família Gregório, que tão carinhosamente acolheu a mim e a minha família, assim como irmãos o fazem. Desta forma encerro minhas palavras, dando um testemunho de que, diante de tudo que vivi, digo: Somos todos aprendizes desta cabana chamada planeta, em uma aldeia chamada vida.



---

## **Agradecimientos**

Sou imensamente grata a UFAM - Universidade Federal do Amazonas – Brasil, por promover minha qualificação doutoral, liberando-me para tal feito pelo período de quatro anos consecutivos. Sou grata ao CNPQ por me conceder uma bolsa de estudos de doutorado, número do processo: 207366 / 2014-4, sem a qual, boa parte de meu doutoramento não teria sido viável. Também agradeço imensamente a UPV, cujas palavras não transmitem a força de minha gratidão, por proporcionar o experimento do saber, refletido na oportunidade de estudo e aquisição de conhecimento.





Epígrafe  
*"La mente que abre una nueva ventana, nunca vuelve a su tamaño original"*  
*Albert Einstein*





---

## Resumen – Español

Mediante la evaluación del proceso productivo de ladrillos, y tomando como punto de partida para la investigación el uso abundante de insumos combustibles de origen maderero, en hornos tradicionales. Esta investigación desarrolló un análisis sistémico, buscando identificar la importancia de estos sistemas para el suministro de la cadena productiva y comercial, contextualizando la realidad de las pequeñas y medianas empresas del sector de la cerámica denominada roja, del polo alfarero de Iranduba, en la Amazonia Brasileña. Con base en estudios teóricos y prácticos, aplicados al método de diseño concurrente y métodos de simulación computacional, se desarrolló una adaptación tecnológica entre un modelo tradicional de horno (horno abobada) y el sistema de combustión por quema limpia, también conocido como quema adiabática. Esta adaptación permitió la reducción de insumo combustible de origen maderero, en aproximadamente el 70% de lo que se consume normalmente. Los aspectos estudiados en la investigación evaluaron el contexto tecnológico general de estos hornos, aún ampliamente utilizados, no sólo en la región de la Amazonia Brasileña, sino también en todo Brasil y en otros países de América del Sur. Por lo tanto, se buscó por medio de esta investigación una solución que pudiera reducir los impactos ambientales causados por esta fase del proceso productivo de la cerámica roja, manteniendo los preceptos del diseño eco eficiente, uniendo lo que es técnicamente factible en el área de tecnologías limpias, así como lo que pueda ser económicamente viable para el pequeño y mediano productor de cerámica Roja.

### **Palabras clave:**

Estudio sistémico, hornos tradicionales de ladrillos, reducción insumos combustibles

### **Líneas de investigación:**

Diseño de producto, Ecodiseño, Diseño sistémico



---

## Resum

Per mitjà de l'avaluació del procés productiu de rajoles, i prenent com a punt de partida per a la investigació l'ús abundant d'insumos combustibles d'origen fuster, en forns tradicionals. Esta investigació va desenrotllar una anàlisi sistèmica, buscant identificar la importància d'estos sistemes per al subministrament de la cadena productiva i comercial, contextualitzant la realitat de les xicotetes i mitjanes empreses del sector de la ceràmica denominada roja, del pol terrisser d'Iranduba, en l'Amazònia Brasileira. Amb base en estudis teòrics i pràctics, aplicats al mètode de disseny concurrent i mètodes de simulació computacional, es va desenrotllar una adaptació tecnològica entre un model tradicional de forn (forn embadocada) i el sistema de combustió per crema neta, també conegut com crema adiabàtica. Esta adaptació va possibilitar la reducció d'insumo combustible d'origen fuster. Els aspectes estudiats en la investigació van avaluar el context tecnològic general d'estos forns, encara àmpliament utilitzats, no sols en la regió de l'Amazònia Brasileira, sinó també en tot Brasil i en altres països d'Amèrica del Sud. Per tant, es va buscar per mitjà d'esta investigació una solució que poguera reduir els impactes ambientals causats per esta fase del procés productiu de la ceràmica roja, mantenint els preceptes del disseny eco eficient, unint el que és tècnicament factible en l'àrea de tecnologies netes, així com el que puga ser econòmicament viable per al xicotet i mitjà productor de ceràmica Roja, en aproximadament el 70% del que es consumix normalment.

### **Paraules clau:**

Anàlisi sistèmica, forns tradicionals, d'insumos combustibles

### **Línies de recerca:**

Disseny de producte, Disseny i Disseny-industrial



---

## **Abstract**

*This research developed a systemic study to identify the importance of the traditional bricks kilns for both the productive and commercial chain in the context of the single local productive arrangements in the Brazilian Amazon. The motivation was a large amount of firewood used by the traditional kilns in the firing phase of the bricks. Based on previous theoretical and practical studies applied to Concurrent Design Model, a technological adaptation was carried out between the traditional systems (iglu type Kiln) and the clean burning combustion systems (adiabatic burning). The proposed adaptation was validated by means of computational modeling and simulation. The research evaluated the technological context of the traditional kilns currently deployed in Brazil and South America. Therefore, the main goal is to pursue a solution that can reduce environmental impacts caused by the firing phase of the bricks productive process. The proposed design adaptation keeps the requirements for an efficient eco Design, considering the technical feasibility of clean technologies, as well as the economic conditions of the small and medium bricks manufacturers. The resulting adaptation yielded a reduction around 70% of firewood.*

### **Keywords:**

*Systemic study, bricks kilns, reduce firewood*

### **Research lines:**

*Product Design, Ecodesign, Systemic Design*



---

## Resumo

Mediante a avaliação do processo produtivo de blocos cerâmicos (tijolos), tomando como foco de pesquisa o uso abundante de insumos combustíveis de base madeireira em fornos tradicionais, esta pesquisa desenvolveu um estudo sistêmico, visando identificar a importância destes sistemas para o suprimento da cadeia produtiva e comercial, contextualizando a realidade das pequenas e médias empresas do setor da cerâmica vermelha do polo oleiro de Iranduba – na Amazônia Brasileira. Com base em estudos teóricos e práticos, aplicados ao método de Design Concorrente e métodos voltados a simulação computacional, foi desenvolvido uma adaptação tecnológica entre um modelo tradicional de forno (forno abóboda) e o sistema de combustão por queima limpa, também conhecido como queima adiabática. Esta adaptação possibilitou a redução de insumo combustível de base madeireira, em aproximadamente 70% do que se consome normalmente. Os aspectos estudados pela pesquisa avaliaram o contexto tecnológico abrangente destes fornos, ainda amplamente utilizados não apenas na região da Amazônia Brasileira como também em todo Brasil e países da América do Sul. Portanto, buscou-se por meio desta pesquisa uma solução que pudesse reduzir os impactos ambientais causados por esta fase do processo produtivo da cerâmica vermelha, mantendo os requisitos do Design eco eficiente, unindo o que é tecnicamente factível na área de tecnologias limpas, bem como o que possa ser economicamente viável para o pequeno e médio produtor de cerâmica vermelha.

### **Palavras chave:**

Estudo sistêmico, fornos tradicionais de tijolos, redução de insumos combustíveis

### **Linhas de pesquisa:**

Design de Produto, Ecodesign, Design Sistêmico





## Índice

CAPÍTULO 1 - CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
1.1. Introdução .....	28
1.2. Contextualização do tema .....	29
1.1.1. Identificação do Problema .....	30
1.3. Panorama geral do estudo de caso - Produção cerâmica na Região Iranduba - Manaus Amazônia Brasileira. ....	32
1.4. Justificativas .....	33
1.5. Objetivo Geral .....	42
1.6. Objetivos Específicos. ....	42
1.7. Hipóteses .....	42
1.8. Questões de pesquisa .....	43
1.8.1. Questões secundárias (QS) .....	43
1.9. Descrição da estrutura da tese .....	45
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	47
2.1. Introdução do capítulo.....	48
2.2. Panorama da produção cerâmica no Brasil - Breve Histórico.....	48
2.3. Características da Produção .....	50
2.4. Cenário da Produção de Cerâmica vermelha (Amazonas - Brasil). Status Tecnológico do setor.....	50
2.5. Tipologia de fornos utilizados na região .....	53
2.5.1. Configuração Produtiva local .....	54
2.5.2. Dados comerciais locais, exportação e importação.....	55
2.5.3. Características Mercadológicas da produção de cerâmica vermelha no Brasil. ....	58
2.6. Distribuição das empresas por região .....	59
2.7. Adequação da produtividade as normas de qualidade.....	61
2.8. Processo de Queima em fornos tipo Paulistinha e Abóboda .....	63
2.9. Geometria da queima dos tijolos cerâmicos .....	66
2.5.4. Características técnicas da queima em fornos tradicionais.....	66
2.10. Sistemas de Queima Eficientes - Produção Limpa .....	68
2.11. Combustão por processo downdraft.....	70
2.12. Inovação Tecnológica associada a sistemas tradicionais de produção. ....	72
2.13. Ecodesign.....	74

---

CAPÍTULO 3 - MATERIALES Y MÉTODOS .....	81
3.1. INTRODUÇÃO - Conceitos Gerais sobre pesquisa e ciência.....	82
3.2. Classificação desta Pesquisa.....	84
3.3. Método exploratório descritivo - Descrição do problema. ....	85
3.3.1. Revisão sistemática da literatura. ....	86
3.4. Método analítico - Análise do problema. ....	88
3.5. Planejamento da pesquisa prática - Modelagem entrevista a expertos ..	90
3.6. Análise dos dados da entrevista com especialistas .....	92
3.7. Análise gráfica descritiva do estudo de caso.....	98
3.8. Desenvolvimento do conceito preliminar.....	100
3.9. Projeto de experimento utilizando 2k fatorial .....	101
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	103
4.1. Introdução - Resultados e discussões.....	104
4.2. Análise descritiva da pesquisa exploratória e experimental .....	104
4.3. Análise das entrevistas .....	105
4.4. Análise gráfica descritiva .....	118
4.5. Aplicação do Modelo de Design Concorrente ao Estudo de Caso.....	122
4.6. Requisitos e parâmetros do projeto. ....	130
4.7. Desenvolvimento dos sistemas e subsistemas.....	133
4.7.1. Apresentação das ideias por analogia sistêmica;.....	133
4.7.2. Desenvolvimento Procesual – Sistema e subsistemas.....	134
4.8. Modelagem do conceito eleito .....	137
4.9. Análise das modelagens e do desenvolvimento.....	141
4.9.1. Análise dos resultados dos modelos .....	141
4.9.3. Alternativa 2 – Forno Alpha .....	143
4.10. Influência das Variáveis sobre o resultado. ....	145
4.10.1. Projeto de experimento 2 <sup>k</sup> fatorial.....	146
4.10.1. Conclusão da análise do projeto de experimentos .....	150
CAPÍTULO 5 - PUBLICACIONES .....	151
5.1. Publicações em coautoria .....	152
5.2. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS .....	154
REFERENCIAS .....	159
ANEXOS 1 .....	167
ANEXO 2 - DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS DE PUBLICACIONES; .....	174

## Listado de figuras

<i>Figura 1: Recorte da localização do polo oleiro de Manaus e cercanias.</i>	32
<i>Figura 2: Rota do gasoduto Coari – Manaus. Fonte: Revista Fator Brasil, 2009.</i>	35
<i>Figura 3 e 4: Utilização de lenha nativa e cavaco como combustível, para a queima na produção de tijolos</i>	37
<i>Figura 5: Tijolos sobre queimados, impróprio para comercialização.</i>	38
<i>Figura 6: Registro dos riscos acidentais e desconforto térmico, proveniente da combustão de insumos madeireiros em fornalha de forno tipo abóboda</i>	39
<i>Figura 7: Registro fotográfico de um operador de forno abóboda em processo de levantamento de carga de insumos combustíveis</i>	40
<i>Figura 8: Registro de poluição atmosférica em função da queima de combustíveis madeireiros.</i>	41
<i>Figura 9: Escopo organizador da tese.</i>	44
<i>Figura 10: Processo produtivo da cerâmica vermelha.</i>	57
<i>Figura 11: Evolução das temperaturas da carga e dos gases de um forno intermitente.</i>	64
<i>Figura 12: Representação da distribuição do calor durante o processo de queima em forno intermitente.</i>	67
<i>Figura 13: Princípio de funcionamento do fogão downdraft.</i>	70
<i>Figura 14: Caracterização da pesquisa científica. Fonte: Gil, (2007)</i>	83
<i>Figura 15: Organização estrutural da pesquisa.</i>	85
<i>Figura 16: Organograma da pesquisa sistemática da literatura.</i>	87
<i>Figura 17: Arquitetura conceitual de uma entrevista.</i>	91
<i>Figura 18: Modelo de Design Concorrente.</i>	97
<i>Figura 19: Infográfico da pesquisa descritiva exploratória.</i>	100
<i>Figura 20: Desenho esquemático dos fornos abóboda e paulistinha</i>	119
<i>Figura 21: Caracterização técnica dos fornos Abóboda e Paulistinha.</i>	120
<i>Figura 22: Representação resumida da aplicação do modelo de Design Concorrente.</i>	123
<i>Figura 23: Relação entre objetivos e subsistemas funcionais</i>	126
<i>Figura 24: Relação entre objetivos e subsistemas ergonômicos</i>	127
<i>Figura 25: Relação entre objetivos e subsistemas formais</i>	128
<i>Figura 26: Varáveis essenciais entre os objetivos Funcionais, Ergonômicos e Formais</i>	129
<i>Figura 27: Painel de analogia sistêmica</i>	134
<i>Figura 28: Geometria base do sistema de queima em forno abóboda.</i>	135
<i>Figura 29: Representação das etapas da queima distribuída por tempo e temperaturas correspondentes.</i>	136
<i>Figura 30: Estrutura funcional do equipamento por subsistema.</i>	137
<i>Figura 31: Croqui do conceito primário, gerado a partir dos critérios preestabelecidos.</i>	138

---

Figura 32: Croqui alternativo ao conceito primário, gerado a partir dos critérios preestabelecidos. \_\_\_\_\_ 139

## Listado de tablas

Tabela 1: Tipologia de Fornos utilizados nas empresas da região do Iranduba. _____	54
Tabela 2: Quantidade de argilas empregadas no processo e a distância entre jazidas e indústrias. _____	55
Tabela 3: Fatores ambientais do processo produtivo cerâmico _____	58
Tabela 4: Estratégias de redução _____	75
Tabela 5: Estratégias de extensão da vida útil _____	75
Tabela 6: Organização do contexto investigativo da enquete realizada aos expertises. _____	96
Tabela 7: Etapas de análise do desenvolvimento Projetual. _____	99
Tabela 8: Relação entre as variáveis essenciais Função para Ergonomia e Ergonomia para Função _____	130
Tabela 9: Relação entre as variáveis essenciais Ergonomia para Forma e Forma para Ergonomia. _____	130
Tabela 10: Relação entre as variáveis essenciais Forma para Função e Função para Forma. _____	130
Tabela 11: Tabela dos requisitos e parâmetros tecnológicos do projeto. _____	131
Tabela 12: Tabela dos requisitos e parâmetros ergonômicos do projeto. _____	132
Tabela 13: Tabela dos requisitos e parâmetros ambientais do projeto. _____	132
Tabela 14: Tabela dos requisitos e parâmetros sócio/culturais do projeto. _____	133

## Listado de quadros:

Quadro 1 : Registro do alojamento inadequado dos insumos combustíveis em ambiente fabril das pequenas, médias e grandes olarias do Polo oleiro de Iranduba. _____	52
Quadro 2 _____	140

## Listado de gráficos

Gráfico 1: Distribuição dos gastos percentuais produtivos do setor industrial cerâmico. _____	31
Gráfico 2: Distribuição de fábricas de cerâmica por região. _____	60
Gráfico 3: Questão 01 sobre a importância do sistema para o abastecimento da cadeia produtiva. _____	107
Gráfico 4: Questão 02 sobre a predominância do uso dos fornos _____	108
Gráfico 5: Bloco de questões 03 sobre aspectos culturais de influencia. _____	109
Gráfico 6: Bloco de questões 04 características estruturais e operacionais dos fornos pesquisados (Abóboda e Paulistinha) _____	110

---

<i>Gráfico 7: Bloco de questões 05, aponta a relação da qualidade do produto final em função do sistema tradicional de queima</i>	111
<i>Gráfico 8: Bloco de questões 06, apresenta o parecer sobre os aspectos tecnológicos dos fornos tradicionais.</i>	113
<i>Gráfico 9: Bloco de questões 07. Parâmetros de influência sobre os aspectos de eficiência.</i>	114
<i>Gráfico 10: Bloco de questões 08, Relação de influência entre eficiência produtiva, forma e função dos fornos Abóboda e Paulistinha</i>	115
<i>Gráfico 11: Bloco de questões 09, Relação do grau de influência de alguns parâmetros necessários a nova proposta.</i>	116
<i>Gráfico 12: Bloco de questões 10/1. Contexto macro ergonômico do ambiente de trabalho do operador de fornos tradicionais</i>	117



---

## **CAPÍTULO 1 – CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1. Introdução

O processo de produção dos blocos cerâmicos possui muitas fases, que vão desde a extração da argila até ao faturamento do produto final. Contudo, a fase de queima dos tijolos, é considerada uma das etapas mais importantes de todo processo produtivo, tendo em vista que é nessa etapa que se manifestam as várias propriedades das argilas através das transformações físicas, químicas e mecânicas. Estas transformações ocorrem de acordo com a junção dos elementos necessários a este processo, combinando a ação do calor do fogo, fornecido pelo material combustível, que dependendo do que seja utilizado como tal, pode gerar mais ou menos calor, dentro dos parâmetros de tempo necessários para a queima cerâmica. Além disso, neste processo, interagem outras influências como, estrutura e estado de manutenção do forno, humidade absorvida pelo material combustível, que deve ser preparado adequadamente e calibração dos sistemas de ventilação e tiragem dos gases.

Esta pesquisa analisa dois sistemas tradicionais de queima cerâmica, propondo uma geometrização sistémica e analítica com base no método sugerido por Hernandis (2003) e Bonsiepe (1986), cujo propósito se fundamenta sob as práticas orientadas para analisar e desenvolver com especificidade os aspectos funcionais, formais, ergonômicos, culturais, sociais e tecnológicos do produto.

A prática de Eco design<sup>i</sup> e os meios para que isso seja possível, serve como uma abordagem estratégica para o projeto alvo, que irá melhorar a eficiência da produção, considerando iniciativas para reduzir o consumo de lenha ou insumos energéticos na fase de queima dos blocos cerâmicos. Como efeito dessa intervenção, propõe-se a geração de um processo de queima mais eficiente, por meio da adaptação tecnológica entre o sistema convencional já utilizado na região e o processo de combustão por queima limpa.

Ao considerar a atuação do Eco design frente às necessidades de nossa região, torna-se indispensável perpetrar ações no sentido de firmar um compromisso tangível e pragmático mediante a responsabilidade de sermos profissionais que devam assumir, mediante o fato da degradação ambiental, uma postura muito mais



---

ética do que capitalista, contudo torna-se desafiador tal atuação, tendo em vista que para tanto, faz-se necessário um despertar de consciência com vistas a efeitos de longo prazo e sem muita projeção. Por esse motivo o Design torna-se uma profissão cada vez mais humanizada e menos capitalista.

O resultado deste trabalho contribui para auxiliar o desenvolvimento do produto sugerido, desde a sua concepção até a sua produção, viabilizando por meio da aplicabilidade do mesmo, a redução dos impactos ambientais negativos advindos dos processos produtivos de blocos cerâmicos.

Espera-se também que os resultados possam contribuir de maneira significativa, tanto para a sociedade, que irá ter acesso a um produto eco eficiente e termo confortável, quanto para a ciência, que será o palco das discussões e elaboração do mesmo, abordando mais uma produção de cunho sustentável.

## 1.2. Contextualização do tema

Segundo dados da NEAPL (2009), a maioria das empresas de cerâmica vermelha do Amazonas, se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos avanços da modernização tecnológica e/ou administrativa. Em sua maioria, as empresas estão organizadas com estrutura familiar, onde tanto os proprietários quanto os empregados exercem funções diversificadas. Os aglomerados produtivos que juntos poderão evoluir para a formação de um único Arranjo Produtivo Local – APL, são compostos pelos Polos cerâmicos do Ariáú, Cacau-Pirêra e Iranduba, onde se encontram instaladas 27 empresas cerâmicas, das quais mais da metade está instalada no Polo de Cacau-Pirêra, na margem direita do rio Negro, frontal à sede municipal de Manaus (SEPLAN, 2008).

Em relação ao custo médio da indústria cerâmica da região, o consumo da lenha e derivados se destaca dos demais, indicando baixa eficiência dos fornos e alto custo desse insumo. Também são elevados os custos com energia elétrica. Já os custos administrativos e da comercialização são baixos, em razão da pequena estrutura administrativa e ausência de estrutura comercial na maioria das empresas.

Dentre as principais questões que afetam o Setor Cerâmico, principalmente o segmento de cerâmica vermelha, destaca-se a baixa qualidade dos produtos, observada em uma parcela significativa da produção, traduzida pelas grandes variações dimensionais e baixa resistência mecânica observada. Este fato gera grandes perdas durante o processo produtivo e permite, cada vez mais, a entrada de produtos alternativos como o bloco de concreto e telhas de concreto, de plástico e de metal (SILVA, 2006).

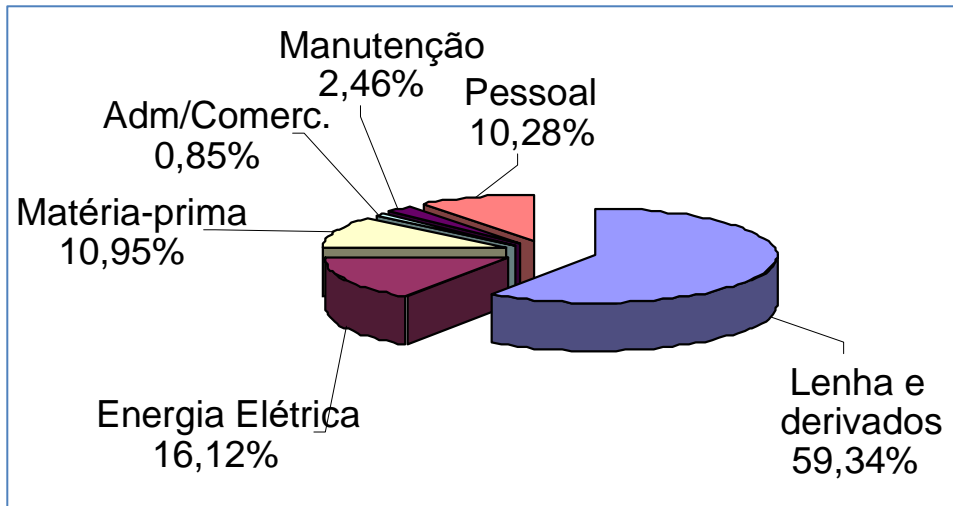
### **1.1.1. Identificação do Problema**

Mediante avaliação dos processos de produção de blocos cerâmicos, tomando como foco de pesquisa o processo de queima em fornos tradicionais e considerando questões econômicas e sociais da região amazônica, esta pesquisa procura enfatizar a importância de sistemas de queima cerâmica, que visem as práticas orientadas para a proteção ambiental de forma sustentável, unindo o que é tecnicamente viável na área de tecnologias limpas, com o que é culturalmente desejável em relação aos produtos sem prejudicar os usuários de seus sistemas, bem como as relações sociais de produção que estão envolvidas durante o processo.

Com base em dados levantados a partir de visitas técnicas realizadas as empresas de cerâmica da região do Iranduba, se observaram outros aspectos do processo de queima cerâmica, onde geralmente se utilizam fornos pouco eficientes, considerando que os mesmos queimam de modo incompleto a lenha, apresentando uma série de inconvenientes como, por exemplo:

- Risco de acidentes devido à facilidade de acesso ao local onde ocorre a queima da lenha;
- Elevada produção de fumaça também representa um risco a saúde do trabalhador e de sua família que geralmente auxilia na atividade;
- Necessidade de grande quantidade de insumos energéticos (lenha, cavaco, e ou resíduos industriais madeireiros) para cocção cerâmica, aproximadamente 90m<sup>3</sup> por batelada de 20.000 tijolos.

Em relação ao custo médio da indústria cerâmica da região, o consumo da lenha e derivados se destaca dos demais, indicando baixa eficiência dos fornos e alto custo desse insumo. Também se observam os custos com energia elétrica, contudo os custos administrativos e referentes a comercialização são baixos. Conforme apresentado pelo gráfico 1, tal relação ocorre em razão da pequena estrutura administrativa e ausência de estrutura comercial na maioria das empresas (NEAPL, 2009).

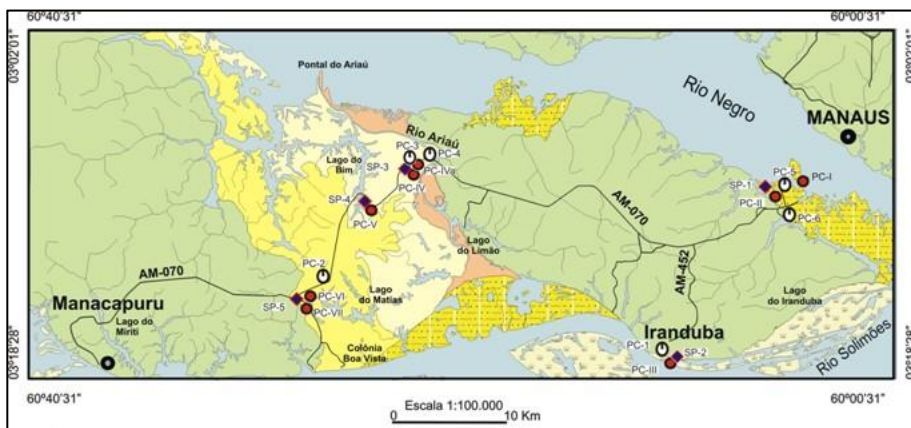


**Gráfico 1:** Distribuição dos gastos percentuais produtivos do setor industrial cerâmico.  
Fonte: NEAPL, 2009

Dentre as principais questões que afetam o Setor Cerâmico, principalmente o Segmento de Cerâmica Vermelha, destaca-se a baixa qualidade dos produtos, observada em uma parcela significativa da produção, em função das grandes variações dimensionais e baixa resistência mecânica observada. Este fato gera grandes perdas durante o processo produtivo (SILVA 2007). Além disso, outros fatores influenciam essa baixa qualidade dos blocos cerâmicos, como por exemplo, a natureza do material utilizado, e a fase da queima, considerado o processo mais crítico, conforme observado durante as visitas técnicas realizadas às empresas da região e com base nas leituras descritas pelo referencial teórico.

### 1.3. Panorama geral do estudo de caso - Produção cerâmica na Região Iranduba – Manaus Amazônia Brasileira.

As indústrias cerâmicas da região Manacapuru – Iranduba constituem aglomerados produtivos que juntos poderão evoluir para a formação de um único Arranjo Produtivo Local – APL. Esta é composta pelos Polos cerâmicos do Ariáú, Cacaupirêra e Iranduba, onde se encontram instaladas 27 empresas cerâmicas, das quais mais da metade está instalada no Polo oleiro de Iranduba e Manacapuru, na margem direita do rio Negro, frontal à sede municipal de Manaus (NEAPL, 2009). Na figura 1 é apresentado o recorte de um mapa georreferenciado, que sinaliza a localização das fábricas de produção de cerâmica vermelha (tijolos e telhas). Este mapeamento também apresenta a exploração da argila destinada a esta produção. Dados fornecidos por Campelo (2013).



**Figura 1:** Recorte da localização do polo oleiro de Manaus e cercanias.

Fonte: Campelo 2013, <http://slideplayer.com.br/slide/1240967/>. Acesso em 17 julho de 2017

De acordo com Pinto (1987), a implantação do Polo Industrial de Manaus, representou e representa um forte entrave, no avanço tecnológico da indústria local, que não recebe os incentivos fiscais necessários à sua expansão, assim como se é destinado as grandes indústrias, já instaladas na periferia da cidade de Manaus.

---

Desta forma a indústria local com sua produção, genuinamente regional, até então não desenvolveu autonomia suficiente para se desenvolver tecnologicamente, independentemente de sua importância sócio econômica. Portanto, a indústria cerâmico-oleira segue no caminho contrário do incentivo do grande capital. Este fato caracteriza a indústria local e atuante, como um segmento além dos horizontes do desenvolvimento sustentável, uma vez que esta não atende ao tríplice aspecto de tal desenvolvimento.

A prática do Eco design e os meios para que isso seja possível, serve como uma abordagem estratégica para o projeto alvo, que irá melhorar a eficiência da produção, tendo em conta iniciativas para reduzir o consumo de lenha ou insumos energéticos na fase de queima dos blocos cerâmicos. Como efeito dessa intervenção, propõe-se a geração de um processo de queima mais eficiente, por meio da adaptação tecnológica entre o sistema convencional já utilizado na região e o processo de combustão por queima limpa. Esta proposta irá permitir que o processo se torne mais eco eficiente, uma vez que irá consumir menos insumos para a cocção dos blocos cerâmicos, além de garantir maior conforto para o operador dos sistemas, observando os aspectos tecnológicos da produção que involucram o processo de queima cerâmica na região amazônica adotando a premissa de design ecológico através de adaptações tecnológicas que utilizam sistemas de queima limpa.

#### 1.4. Justificativas

Com base nos problemas detectados, surge então as justificativas de cunho ambiental, científico, social, tecnológico e econômico, pois são estas justificativas que fortalecem o apelo sustentável e inovador desta pesquisa.

**Ambiental** - O alto consumo de lenha e ou derivados madeireiros para queima dos blocos cerâmicos constitui um forte impacto negativo ao meio ambiente. Este elo da cadeia produtiva da cerâmica industrial demanda grandes quantidades de insumo madeireiro para a realização de uma única batelada de aproximadamente 20.000 blocos cerâmicos que consome entre 90 m<sup>3</sup> (Benchmarck 2013) a 130 m<sup>3</sup> (Técnicos locais entrevistados).

Este impacto se verifica tanto por meio do desmatamento de lenha nativa quanto pela queima de resíduos industriais, que são oriundos geralmente da própria indústria civil, como paletes e lâminas de compensado utilizados como tapumes em canteiros de obras. Estes materiais considerados “resíduos” industriais são

processados com resinas e produtos químicos, que ao serem queimados lançam substâncias tóxicas, tanto para o meio ambiente, quanto para os operadores da tarefa diretamente. Além disso, também se observa a ausência de outras atividades e incentivos por parte do estado que possam dar maior apoio aos micro e pequenos empresários do setor oleiro, seja por meio de um programa de reflorestamento, garantindo a provisão de insumos lenhosos, ou por meio da viabilização tecnológica e estrutural do gás natural, cuja produção se faz presente na região, perpassando inclusive nas proximidades do Polo oleiro. Contudo, em função da necessidade de alto investimento, tal medida só iria tornar o produto final muito mais caro e inacessível a população de baixa renda.

O gasoduto que se origina na cidade de Coari, chegando até Manaus, ocorreu entre os anos de 2006 a 2009, inclusive sua rota passa pelo município de Iranduba e Manacapuru, cidades onde se concentram a indústria cerâmica local, conforme apresentado pela figura 2.

Contudo, este fato não significa acessibilidade tecnológica e econômica para os empresários do setor. De acordo com um estudo desenvolvido pela SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca (2012), a viabilização do gás natural, para a cadeia de suprimentos das indústrias cerâmicas locais é bastante remota. Segundo eles, existem duas importantes particularidades, como por exemplo, o gás natural produzido na Amazônia, diferentemente do que é produzido mais ao sul do Brasil, não está indexado ao preço do barril de petróleo, o que o torna difícil de ser orçado em termos de uso em larga escala, além disso este gás possui poder calorífico inferior, portanto sendo necessário maior volume em relação ao outro tipo, comumente utilizado para fins industriais. Desta forma, estes fatores inviabilizam tal fornecimento para os pequenos e médios produtores da indústria cerâmica.

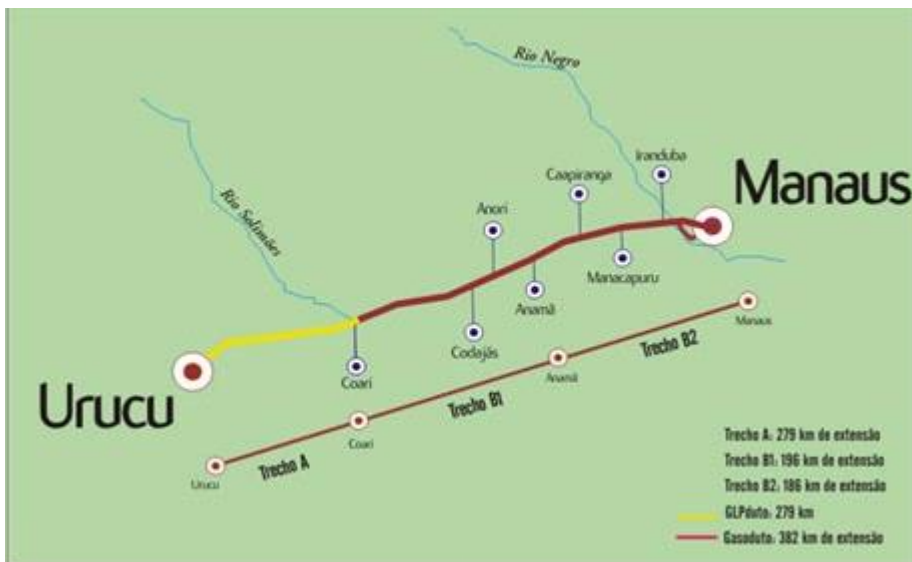


Figura 2: Rota do gasoduto Coari – Manaus. Fonte: Revista Fator Brasil, 2009.

**Científica-** Os meios pelos quais esta pesquisa se desenvolve, atestam a validade científica dos métodos utilizados, considerando que a mesma possui um carácter metodológico descritivo, analítico, experimental e aplicado, portanto, os resultados advindos dessa pesquisa irão agregar conhecimento e prospecção entre o meio acadêmico e a indústria oleira, sobretudo almejar a continuidade dos estudos por meio das contínuas melhorias que podem haver sobre o tema.

**Social** - Ao se observar as condições de trabalho que fazem parte do cotidiano dos operadores do sistema em estudo, a partir do ponto de vista da perpetuação dessa cultura de serviço, que são as olarias, o novo sistema irá abrir espaço para discussões sobre a melhoria da qualidade do ambiente de trabalho com condições que favoreçam um modo de renovação em qualificação da mão de obra. Dessa maneira o operador se sentirá mais seguro em sua tarefa, o que poderá gerar um reflexo positivo em seu meio social.

**Tecnológica** - A atuação desta pesquisa está diretamente ligada a uma necessidade inerente aos processos tradicionais de queima da cerâmica estrutural.

Observou-se que os fornos utilizados nesse processo são ineficientes em função de seu retardo tecnológico e também em função da inacessibilidade a outras tipologias de fornos, por questões técnicas e econômicas que perfazem a realidade local do pequeno e médio produtor de cerâmica estrutural. Sendo assim, abrange de modo específico a inovação tecnológica, por meio de uma adaptação entre o processo de combustão por queima limpa e os modelos de fornos tradicionalmente utilizados, vindo a somar características de melhoria de processo, assim como contribuir de maneira efetiva para a qualidade do trabalho, facultando conforto para o executor da tarefa e contemplando atributos inovadores inseridos ao processo.

**Econômica** - Em um dos pilares da sustentabilidade está o desenvolvimento econômico, que inclui por meio de parâmetros mais qualitativos que quantitativos a melhoria da qualidade de vida em variados setores. Em relação a isso torna-se importante colocar, que esta pesquisa não possui a intenção de promover desenvolvimento econômico para o setor em totalidade, contudo, a partir da redução de insumos energéticos demandados pela queima de blocos cerâmicos, haverá um ganho significativo em termos de melhoria econômica para o setor.

Após a análise da produção de blocos cerâmicos, a pesquisa direciona seu foco para o processo de queima em fornos tradicionais. Considerando os problemas econômicos e sociais da região amazônica, esta pesquisa enfatiza a importância dos sistemas de queima cerâmica, com práticas voltadas para proteção do meio ambiente de forma sustentável, unindo o que é tecnicamente possível no campo das tecnologias limpas, com o que seja culturalmente desejável sem prejudicar os usuários de seus sistemas, nem a suas relações sociais de produção que estão envolvidos durante o processo.

De acordo com a coleta de dados em campo e pesquisa bibliográfica, o sistema estudado possui considerações e restrições que afetam diretamente a produção dos blocos cerâmicos na região amazônica, passando a incorporar a justificativa deste trabalho, cujas descrições seguem organizadas de acordo com cada aspecto levantado, justificando as razões de melhoria do sistema.

A descrição sobre ineficiência produtiva apresenta alguns modelos de fornos utilizados no processo de queima cerâmica, mais utilizados na região estudada.



Estes são considerados ineficientes em função das grandes perdas energéticas e a necessidade de grandes quantidades de insumos (madeira, lenha, cavacos e madeira residual industrial) para o processo de queima. Essa demanda gira em torno de 90 m<sup>3</sup> a 130 m<sup>3</sup> de insumo para cada batelada (em forno de 20.000 blocos em 48 horas). O consumo de lenha e derivados se destaca de outros gastos, o que indica uma eficiência inferior dos fornos e alto custo de aquisição dos insumos para as empresas. As figuras 3 e 4 apresentam o tipo e volume de insumo utilizado para o abastecimento dos fornos.



Figura 3 e 4: Utilização de lenha nativa e cavaco como combustível, para a queima na produção de tijolos

As descrições das perdas produtivas se destacam, dentre as principais questões que afetam a indústria da cerâmica vermelha tradicional, pela baixa qualidade de seus produtos, como por exemplo: i) variações dimensionais dos tijolos; ii) baixa resistência mecânica e; iii) coloração diferenciada, em função da sobre queima recebida. Este fato, além de acarretar perda de produção em torno de 13%, por lote produzido, faz com que estes produtos percam mercado para produtos concorrentes, conforme relatado pelos empresários locais, obtidos em entrevista. A figura 5 apresenta o registro de tijolos impróprios para venda.



Figura 5: Tijolos sobre queimados, impróprio para comercialização.

A descrição do desconforto térmico e riscos acidentais pode ser observado a partir do calor emanado do forno para o meio externo e a exposição as chamas da fornalha, em função da estrutural constitutiva dos fornos, que não possui isolamento térmico adequado e não recebem a devida manutenção periodicamente. Isso faz com que as más condições de trabalho causem danos à saúde dos operadores do sistema. Conforme mostra a figura 6, as chamas resultantes do processo de combustão, ultrapassam o limite da estrutura da fornalha. Portanto, além dos

---

perigos acidentais e desconforto térmico, percebe-se que ocorre a perda de calor que poderia ser otimizada.



Figura 6: Registro dos riscos acidentais e desconforto térmico, proveniente da combustão de insumos madeireiros em fornalha de forno tipo abóboda

As descrições sobre as disfunções de usabilidade se destaca pelo modo como o operador do forno alimenta a fornalha, bem como a exposição do mesmo as fagulhas de fogo, ocasionando riscos de acidente e até mesmo perigo de vida. Contudo, vale aqui ressaltar que um estudo específico sobre intervenção ergonômica para fornos tradicionais iria considerar muitos outros aspectos e critérios que definem disfunções de usabilidade e manejo ferramental, como diagnóstico preciso para uma otimização neste sentido. A figura 7 apresenta o registro fotográfico de um operador de forno alimentando a fornalha, cuja única ferramenta é uma pá. Além disso, observa-se elementos relativos a aplicação de

forças e deslocamento de carga e transporte inadequados a tarefa desempenhada pelo operador do sistema.



Figura 7: Registro fotográfico de um operador de forno abóboda em processo de levantamento de carga de insumos combustíveis

As descrições referentes a responsabilidade ecológica, se destaca nesta análise, sobre o estudo de caso, desenvolvido em campo, acerca do alto consumo de insumos lenhosos para o processo de queima. Este fator resulta em danos ambientais diretos, impactando negativamente sobre a atmosfera e a vegetação. Além disso, por ser a Amazônia uma região de poucos ventos, a fumaça emanada da produção se condensa mais tempo no ar, causando problemas respiratórios para aqueles que convivem no mesmo ambiente. A figura 8 apresenta um registro representativo desta condensação.



Figura 8: Registro de poluição atmosférica em função da queima de combustíveis madeireiros.

A descrição sobre as influências culturais da produção com fornos tradicionais de tijolos se respaldam como sendo uma atividade familiar, cuja característica principal se apresenta através de uma forte resistência, por parte da maioria dos produtores, em relação aos temas sobre inovação tecnológica. Isso ocorre por várias razões. Na maioria das vezes é por medo das coisas novas, ou porque foge do comum, com o qual os mesmos estão acostumados. Todas as descrições supracitadas apresentam importantes justificativas para intervenção de melhoria dos fornos tradicionais para queima de tijolos.

### 1.5. **Objetivo Geral**

Desenvolver um novo sistema de queima para fornos tradicionais de cerâmica vermelha, adotando estratégias de eco design que possam minimizar o consumo de combustível madeireiro.

### 1.6. **Objetivos Específicos.**

- Observar e descrever os aspectos tecnológicos que envolvem o processo de produção de blocos cerâmicos em fornos tradicionais na região do Polo oleiro de Iranduba, próximo a cidade de Manaus – Amazônia Brasileira;
- Identificar dentre estes fornos, quais os mais eficientes e mais utilizados por pequenas e médias empresas, considerando os tipos de insumos combustíveis utilizados (madeira ou derivados), assim como a quantidade do material combustível;
- Entender as práticas produtivas, referente a queima de cerâmica vermelha nas pequenas e médias olarias, identificando elementos de ordem operacional que possam ser melhorados a partir da adaptação tecnológica sugerida;

### 1.7. **Hipóteses**

As hipóteses aqui definidas constituem uma formulação proposta, no sentido de ser posteriormente demonstrada ou verificada, constituindo uma suposição admissível, cuja teorização e prática do conhecimento irá permitir se testar para assim serem posteriormente validadas.

**Hipótese 1** – Uma adaptação tecnológica entre o sistema de queima de cerâmica vermelha, com características tradicionais e o sistema de combustão por queima limpa (queima adiabática) proporcionará redução do consumo de insumos combustível de base madeireira, utilizados por estes sistemas tradicionais em larga escala pelas pequenas e medias empresas;

**Hipótese 2** – A adaptação implementada manterá o padrão de queima, atendendo as condições produtivas essenciais;

---

**Hipótese 3** - O novo sistema de queima permitirá que os usuários envolvidos no processo da queima cerâmica, possam realizar a tarefa com mais conforto, em função da redução do calor e da fumaça em torno do sistema.

Foram elaboradas questões de pesquisas que refletem o problema investigado, no que tange os aspectos tecnológicos, teóricos, metodológicos, ergonômicos, eco design e combustão limpa (queima adiabática), que estão involucrados em processos tradicionais de queima, bem como, em outros sistemas inovadores, com o propósito de identificar os elementos que compõem as abordagens para o tema da tese.

### 1.8. Questões de pesquisa

As questões relacionadas a pesquisa, possuíram como ponto de partida, a análise dos cenários que contextualizam a realidade amazônica da produção de cerâmica vermelha com foco nos processos de queima em fornos tradicionais.

Questão principal (QP): Quais são os elementos principais a considerar, no sentido de otimizar a queima da cerâmica vermelha, mantendo o padrão técnico essencial produtivo?

#### 1.8.1. Questões secundárias (QS)

Qs1 – Como se apresenta o cenário Brasileiro/região norte do Brasil no que tange os aspectos produtivos da cerâmica vermelha, considerando os aspectos tecnológicos, ambientais, econômico e comercial?

Qs2 – Como se caracterizam os estudos desenvolvidos que envolvem sistemas de combustão por queima limpa e inovação tecnológica?

Qs3 – Quais são os aspectos que podem unir inovação e tradição, mantendo uma relação direta com o tríplice aspecto do desenvolvimento sustentável?

As questões de pesquisa serviram de norte para a pesquisa bibliográfica que fornecem os dados técnico/científicos para o embasamento teórico da tese. A figura 9 apresenta a organização da pesquisa de modo sistemático. As etapas **A B, C e D** dizem respeito as fases macro de execução das atividades de pesquisa, que tem como fim, validar as hipóteses, que foram formuladas a partir do estudo de caso.

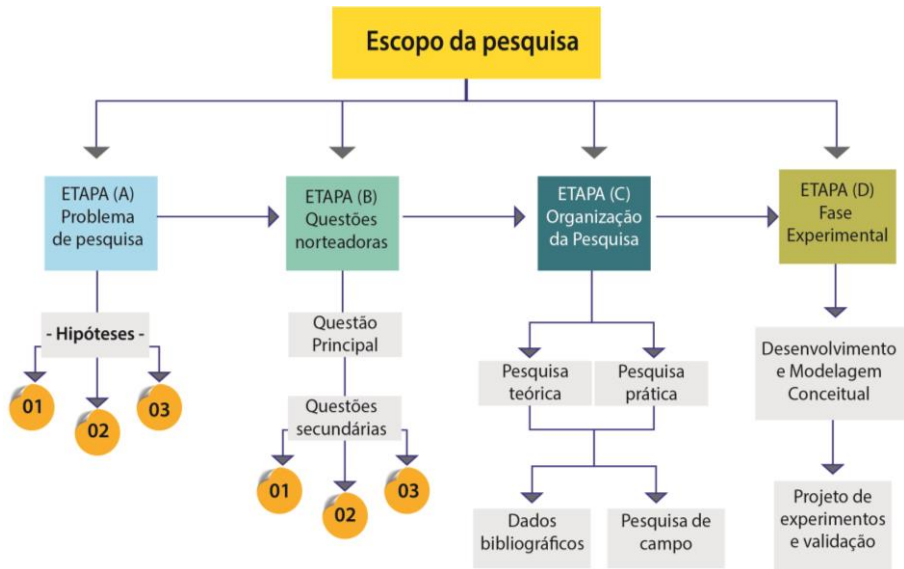


Figura 9: Escopo organizador da tese.

**Etapa A:** Compreende a formulação das hipóteses que serão verificadas ou demonstradas a partir das informações teóricas, coletadas por meio de leitura de artigos, teses e relatórios do setor da cerâmica industrial. Além disso, a realização de entrevistas a expertises, com o intuito de validar as variáveis que afetam o sistema, bem como contribuem para sua melhoria. A validação das hipóteses será obtida através de resultados da pesquisa prática, fazendo uso de modelagens virtuais e projeto de experimentos por meio de simulação.

**Etapa B:** As questões da pesquisa se desenvolvem a partir dos objetivos (geral e específico). As questões de pesquisa projetam o desenvolvimento da pesquisa teórica e prática, uma vez que direcionam os questionamentos acerca dos problemas encontrados, bem como do desenvolvimento da solução almejada.



---

**Etapa C:** A pesquisa teórica é impulsionada pelas questões da pesquisa (questão principal e questões secundárias). Os dados obtidos a partir da pesquisa teórica e prática buscam responder tais questões, que fornecerá a base científica deste estudo. Em relação as questões secundárias foram pesquisadas temas que pudessem fornecer o embasamento teórico e metodológico acerca da questão, considerando o entendimento por parte dos agentes envolvidos neste processo.

**Etapa D:** Os resultados são a consequência das respostas às questões de pesquisa impulsionadas pela validação das hipóteses por meio dos testes em simulador virtual, fechando-se dessa maneira o ciclo desta pesquisa.

Cada etapa de pesquisa aqui apresentada e esquematicamente organizadas pela figura supracitada, objetiva o cumprimento dos objetivos gerais e específicos da tese e estão elencadas a cada hipótese formulada.

### 1.9. Descrição da estrutura da tese

Esta tese está estruturada em cinco capítulos. Iniciando pelo capítulo 01 que aborda o contexto básico e inicial da pesquisa, apresentando o contexto do problema estudado, os objetivos da mesma, a motivação refletida nas justificativas de cunho tecnológico, ambiental, ergonômico e social, sobre as quais foram elaboradas hipóteses e questões de pesquisa. Todos os conteúdos elaborados neste capítulo apresentam um enfoque introdutório.

O capítulo 02 aborda a fundamentação teórica utilizada para o embasamento que permitiu o entendimento necessário às questões elencadas ao estudo em questão. Neste capítulo são discutidos elementos teóricos e técnicos relacionados com a busca pelas respostas as metas traçadas. A partir deste capítulo foi possível obter fundamentos para sugerir um percurso metodológico, o qual é apresentado em seu contexto no próximo capítulo.

No capítulo 03 são expostos os percursos metodológicos utilizados durante o processo de desenvolvimento da pesquisa, que abrange sua natureza, seus objetivos e procedimentos técnicos necessários e viáveis do ponto de vista científico e aplicado.

O capítulo 04 apresenta a implementação dos métodos utilizados, bem como as análises e discussões, assim como os resultados de testes realizados no sentido de comprovar as hipóteses. Neste mesmo capítulo são apresentadas as considerações

finais, organiza informações que constituem uma verificação breve sobre os objetivos alcançados em relação aos fatores determinantes, verificando as perspectivas de difusão destes resultados em forma de replicabilidade e continuidade da proposta, sem deixar de destacar as limitações e apontando algumas diretrizes de temas para futuros trabalhos.

O capítulo 05 compreende a apresentação dos artigos publicados no período da realização da pesquisa, conclusões e devidas perspectivas para trabalhos futuros, referências e anexos, nos quais estão organizados os elementos que forneceram suporte de cunho teórico e técnico a pesquisa, tais como: a) resultados gráficos das simulações realizadas; b) tabelas de referências sobre propriedades dos materiais utilizados na modelagem do sistema desenvolvido; c) dados referentes a pesquisa com experts; d) documentos de comprovação de publicação de artigos; e) desenhos técnicos do sistema de queima desenvolvido; e f) imagens da simulação realizada como comprovação dos experimentos.

---

## **CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO**

## **2.1. Introdução do capítulo**

Com intuito de propiciar melhor entendimento acerca do conteúdo abordado neste trabalho, este capítulo descreve algumas temáticas básicas e linhas de pensamento correlatas. A necessidade desse esclarecimento busca a utilização de conceitos que contribuem para a formulação das ideias inerentes ao desenvolvimento do projeto, que podem ao mesmo tempo representar concepções e abordagens diferentes, tornando-se fundamentais para a contextualização e condução do processo de análise e interpretação das informações dos capítulos subsequentes.

## **2.2. Panorama da produção cerâmica no Brasil - Breve Histórico**

Antes mesmo da “descoberta” do Brasil pelos portugueses, já existia atividade de fabricação de artefatos cerâmicos, com datações arqueológicas de mais de 2.000 anos AC. Algumas evidencias arqueológicas apontam que a cerâmica mais elaborada foi encontrada na Ilha de Marajó no Estado do Pará, denominada cerâmica marajoara, pois tem sua origem na avançada cultura indígena da Ilha, contudo outros estudos arqueológicos indicam que a presença de uma cerâmica mais simples ocorreu na região amazônica, há mais de 5000 anos atrás (ALESP, 2005).

A produção de material de construção, incluindo-se a esta a fabricação de blocos e tubos cerâmicos, começou a partir de 1549 com a chegada de Tomé de Souza. Tal produção foi estimulada por conta do desenvolvimento das cidades que deveriam ser mais bem planejadas e elaboradas. Existem indícios de 1575 sobre o uso de telhas, quando da formação da vila que seria mais tarde chamada de São Paulo / SP. Com isso se estimulou o desenvolvimento da atividade cerâmica de modo mais intenso, cujo marco industrial se inicia com as olarias. A produção de cerâmica se concentra nas últimas décadas do século XIX por meio de processos manuais em empresas de pequeno porte e seus produtos principais como, telhas, tijolos, tubos, manilhas, vasos, potes e moringas, eram comercializados localmente. (ACETUBOS 2013).

De acordo com ALESP (2005), a história da cerâmica, no Brasil se desenvolveu em três, são eles: (1) artesanal, (2) de expansão da industrialização e (3) de

---

modernização e incorporação ao processo industrial dos conceitos de qualidade e produtividade. O período (1), correspondente ao artesanal, é considerado o estágio pioneiro, que inclui a cerâmica indígena, perpassando pelas técnicas manufatureiras da época colonial e estendendo-se até o início do século XX. A principal característica produtiva desse período são as técnicas manuais, utilizando alguns equipamentos rudimentares movidos por tração animal ou energia hidráulica. A produção é voltada à produção de artefatos utilitários e de adorno, objetos funerários, tijolos, telhas e tubos que suprem, basicamente, as necessidades de propriedades rurais, pequenos lugarejos e comunidades indígenas. Não raramente, essas produções eram comandadas por religiosos que traziam as técnicas da Europa.

O período (2) diz respeito a industrialização. A evolução do setor cerâmico brasileiro, por meio da implantação de empreendimentos industriais no início do século passado, ocorreu devido à substituição da madeira por tijolos e telhas nas edificações, por razões sanitárias e de escassez dessa matéria-prima e, sobretudo, em decorrência das transformações socioeconômicas do país, quando o desenvolvimento industrial e a aceleração do crescimento urbano impulsionaram a demanda por produtos cerâmicos destinados à construção civil.

Com a intensificação do consumo de peças cerâmicas, as olarias, que operavam de forma familiar, tiveram que se adaptar, aproximando-se dos centros urbanos e sistematizando as técnicas produtivas, com a importação de equipamentos e processos europeus. Como representação deste segundo período, se destaca a primeira grande fábrica de produtos cerâmicos do Brasil, fundada em São Paulo (1893), por quatro irmãos franceses, naturais de Marselha, com o nome de “Estabelecimentos Sacoman Frères”, mais tarde o nome da referida indústria foi alterado para “Cerâmica Sacoman S.A.”, a qual encerrou suas atividades em 1956. O nome das telhas conhecidas por “francesas” ou “marselhesas” é devido à origem destes empresários (ALESP 2005).

O período (3) se inicia a partir dos anos 1990, quando houve a incorporação dos conceitos de qualidade e produtividade ao processo industrial. Com isso as indústrias, passaram a participar de um mercado globalizado e competitivo, portanto, investiram em programas de qualidade, melhorias constantes de processos, adaptando-se às exigências crescentes dos consumidores e às novas regulamentações comerciais, com esforços dirigidos também à ampliação de sua inserção no mercado internacional.

Sobre a situação da indústria ceramista brasileira atual, observa-se que ainda coexistem os três períodos evolutivos – artesanal, industrial e de qualidade/modernização – mesmo nas regiões mais desenvolvidas do País, como no Estado de São Paulo, que possui um perfil mais tecnológico desequilibrado, o parque de cerâmica vermelha brasileiro é um dos mais importantes do mundo, sendo responsável por uma demanda anual de matéria-prima da ordem de 70 milhões de toneladas. O Estado de São Paulo abriga o maior parque industrial do setor, no Brasil. Dispondo de uma produção diversificada, suas cerâmicas atendem ao mercado paulista, a outros Estados da federação e, em menor escala, são exportadas para alguns países da América Latina. Há coincidência, em determinadas regiões, de abundância de matéria-prima e de crescimento industrial (ALESP 2005).

### **2.3. Características da Produção**

O objetivo desta descrição é organizar informações sobre o cenário da produção cerâmica no Brasil e no Estado do Amazonas, na forma de breve análise de mercado setorial. Os dados aqui levantados têm como origem documental, pesquisa em relatórios técnicos do setor, artigos científicos, bem como teses e dissertações. Todos disponíveis em bibliotecas virtuais. Foram levantados dados a partir dos relatórios técnicos da ACERTUBOS (Associação Latino Americana dos Fabricantes de Tubos Cerâmicos), ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica), ABC (Associação Brasileira de Cerâmica), IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica), UNC (União Nacional da Construção), MME (Ministério das Minas e Energia), SGMT (Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e são baseados no crescimento do PIB (faturamento) e na média deste com o índice da Construção Civil (produção).

### **2.4. Cenário da Produção de Cerâmica vermelha (Amazonas – Brasil). Status Tecnológico do setor**

Dentre as principais questões que afetam o Setor Cerâmico, principalmente o segmento de cerâmica vermelha, destaca-se a baixa qualidade dos produtos, observada em uma parcela significativa da produção, traduzida pelas grandes

---

variações dimensionais e baixa resistência mecânica observada. Dentre outros fatores que influenciam essa baixa qualidade dos blocos cerâmicos, também se destacam: a) o atraso tecnológico; b) a qualidade organizacional da produção em termos de layout físico e operacional; c) os ambientes destinados a armazenamento de insumos combustíveis; d) qualidade de mão obra e; e) a qualidade do material usado como matriz energética (geralmente insumos madeireiros). Este último é considerado pelos proprietários das olarias como sendo o item mais oneroso da cadeia produtiva.

O quadro 1, apresenta um breve registro da organização operacional destas fábricas, destacando o ambiente da queima dos tijolos, considerando o forno e seu entorno, comprovando que independentemente do nível comercial e produtivo da maioria das empresas na região estudada, ambas não possuem uma preocupação específica no que se refere aos aspectos supracitados. Conforme observado pelas imagens, grande parte não realiza um planejamento adequado no que se refere ao tratamento dos insumos incombustíveis. Com isso o potencial energético dos insumos madeireiros não é aproveitado com eficácia, contribuindo mais ainda com o alto consumo do mesmo, uma vez que ficam expostos as intempéries e a forte humidade da região amazônica.



Quadro 1 : Registro do alojamento inadequado dos insumos combustíveis em ambiente fabril das pequenas, médias e grandes olarias do Polo oleiro de Iranduba.



---

A maioria das olarias visitadas, que fazem parte do polo oleiro de Iranduba, utilizam como insumo combustível para a queima dos tijolos resíduos sólidos oriundos da construção civil e indústria local (pallets de madeira – aglomerado de pinho e eucalipto). Estes pallets são utilizados na indústria para movimentação de carga, o que o torna praticamente descartável após alguns ou apenas uma utilização. As olarias locais conseguem obter estes pallets a um baixo custo, o que segundo os donos das olarias, diminui consideravelmente os gastos com o processo de queima dos tijolos.

## **2.5. Tipologia de fornos utilizados na região**

De acordo com Vasconcelos & Cavalcante (2013), a maioria das empresas que fazem parte do polo oleiro de Iranduba, próximo a Manaus, Amazonas – Brasil, ainda faz uso de fornos tradicionais, como pode ser observado pela tabela 01, o qual apresenta uma lista com a tipologia dos fornos, respectivas quantidades por empresa visitada, insumo madeireiro utilizado para queima / combustível lenhoso e suas produções mensais.

<b>Olaria</b>	<b>Fornos</b>	<b>Quant.</b>	<b>Insumo madeireiro para queima</b>	<b>Produção mensal</b>
OLARIA AMAZÔNIA	- PAULISTINHA; - HOFFMAM.	6 4	- MADEIRA CERTIFICADA; - RESÍDUO DE MADEIRA.	100.000
OLARIA RIO NEGRO	- HOFFMAM; - PAULISTINHA; - SEMICONTINUO.	1 2 1	- RESÍDUO DE MADEIRA; - RESÍDUO DE CASTANHA e de AÇAÍ; - PÓ DE SERRAGEM.	750.000/ 800.000
OLARIA RIO SOLIMÕES	- ABÓBODA; - PAULISTINHA.	3 2	- PÓ DE SERRAGEM; - RESÍDUO DE MADEIRA.	600
OLARIA MACÊDO	- ABÓBODA.	3	- RESÍDUO DE MADEIRA; - MADEIRA CERTIFICADA;	450.000
OLARIA MANAUARA	- ABÓBODA; - HOFFMAM.	4 2	- PÓ de SERRAGEM.	800.000
OLARIA MIRANDA CORRÊA	- TÚNEL.	2	- CAVACO; - PÓ de SERRAGEM.	780.000/ 900.000
OLARIA MONTE MAR	- PAULISTINHA; - HOFFMAM.	10 1	- RESÍDUO DE MADEIRA.	800.000
OLARIA NÓVOA	- ABÓBODA; - PAULISTINHA; - TÚNEL (inutilizado).	5 1 1	- RESÍDUO DE SEMENTE DE AÇAÍ e de CASTANHA; - MADEIRA CERTIFICADA; - RESÍDUO DE MADEIRA; - PÓ DE SERRAGEM.	716.000
OLARIA VIOLETA	- PAULISTINHA.	4	- RESÍDUO DE MADEIRA; - MADEIRA CERTIFICADA; - PÓ DE SERRAGEM.	400.000
OLARIA 3 IRMÃOS	- PAULISTINHA.	8	- LENHA; - CAVACO; - BRIQUETE; - PÓ DE SERRAGEM	800.000

Tabela 1: Tipologia de Fornos utilizados nas empresas da região do Iranduba.

Fonte: Relatório Arranjos Produtivos Locais - APLs, 2012. Página 22.

### **2.5.1. Configuração Produtiva local**

Observou-se durante as visitas técnicas que são utilizadas mais de um tipo de argila no processo produtivo dessas indústrias, sendo em sua totalidade proprietárias das jazidas onde é extraída a matéria prima para a produção dos artefatos cerâmicos.

Geralmente a localização geográfica das olarias é determinada em função de duas características: a primeira diz respeito a proximidade da mesma com a jazida (em razão da grande quantidade de matéria-prima processada) e a segunda em função da proximidade dos centros consumidores (tendo em vista os custos de transporte). A tabela 2 mostra a quantidade de argilas diferentes que são empregadas como matéria prima e a distância média entre as jazidas de argila e as empresas, pelas quais as argilas são extraídas.

Tabela 2: Quantidade de argilas empregadas no processo e a distância entre jazidas e indústrias.

<b>EMPRESAS</b>	<b>QUANT. ARGILAS USADAS</b>	<b>DISTÂNCIA MÉDIA DAS JAZIDAS (KM)</b>
OLARIA AMAZÔNIA	2	1
OLARIA RIO NEGRO	2	0,5
OLARIA RIO SOLIMÕES	2	3
OLARIA MACÊDO	1	0
OLARIA MANAUARA	6	1
OLARIA MIRANDA CORRÊA	3	1
OLARIA MONTE MAR	2	3
OLARIA NÓVOA	2	2
OLARIA VIOLETA	1	0
OLARIA TRÊS IRMÃOS	2	4

Fonte: Relatório Arranjos Produtivos Locais - APLs, 2012. Página 22

### **2.5.2. Dados comerciais locais, exportação e importação**

No que se refere ao estado do Amazonas, a produção de cerâmica vermelha está concentrada nos municípios de Manacapuru e Iranduba. Entretanto, este último, tradicionalmente apresenta-se como o principal polo oleiro-cerâmico do estado, com um total de 23 olarias instaladas e associadas à ACERAM – ASSOCIAÇÃO DOS CERAMISTAS DO ESTADO DO AMAZONAS. Dados fornecidos por Acanthe, (2014).

Segundo Trindade (1999), essa concentração se deve à relação de proximidade que o município tem em relação à capital amazonense. Acresce-se a isso, segundo o autor, a grande disponibilidade de argila de alta qualidade, que é a principal matéria-prima desse ramo de atividade econômica. Outro fator que contribuiu para que Iranduba se tornasse o maior produtor de cerâmica vermelha do Amazonas foi o não pagamento de ICMS, quando do ingresso do produto na cidade de Manaus, principal mercado consumidor da produção oleira amazonense

O mercado de blocos cerâmicos na região é considerado equilibrado. A oferta (produção) se iguala à demanda (consumo), ou seja, não há formação de estoques nas fabricas. Esse equilíbrio existe, porque as empresas trabalham abaixo da sua capacidade produtiva e capital de giro limitado. À medida que a demanda cresce ou decresce, a produção é imediatamente ajustada.

Em relação ao custo médio da indústria cerâmica da região, o consumo da lenha e derivados se destaca dos demais, indicando baixa eficiência dos fornos e alto custo desse insumo. Também são elevados os custos com energia elétrica. Já os custos administrativos e da comercialização são baixos, em razão da pequena estrutura administrativa e ausência de estrutura comercial na maioria das empresas. (ANICER 2013).

O processo de produção dos blocos cerâmicos possui muitas fases, que vai desde a extração da argila até o faturamento do produto final, contudo a fase de queima é a etapa mais importante de todo processo produtivo, considerando que é nessa etapa que se manifestam as várias propriedades das argilas através das transformações físicas, químicas e mecânicas causadas pela ação do calor do fogo. Berni (2010) compreende que de um modo geral a manufatura de produtos cerâmicos vermelhos e de revestimentos compreende as etapas de preparação da matéria-prima e da massa; formação das peças; tratamento térmico e acabamento. O mesmo autor também considera que a indústria cerâmica é um dos segmentos mais importantes, em termos econômicos, energéticos e de impacto ambiental. A Figura 10 elaborada por FIESP, CETESB (2006) apud Berni et. Al (2010), apresentam, de modo geral, a cadeia produtiva do processo de fabricação da cerâmica vermelha e de revestimento, ilustrando os principais impactos ambientais que devem ser considerados.

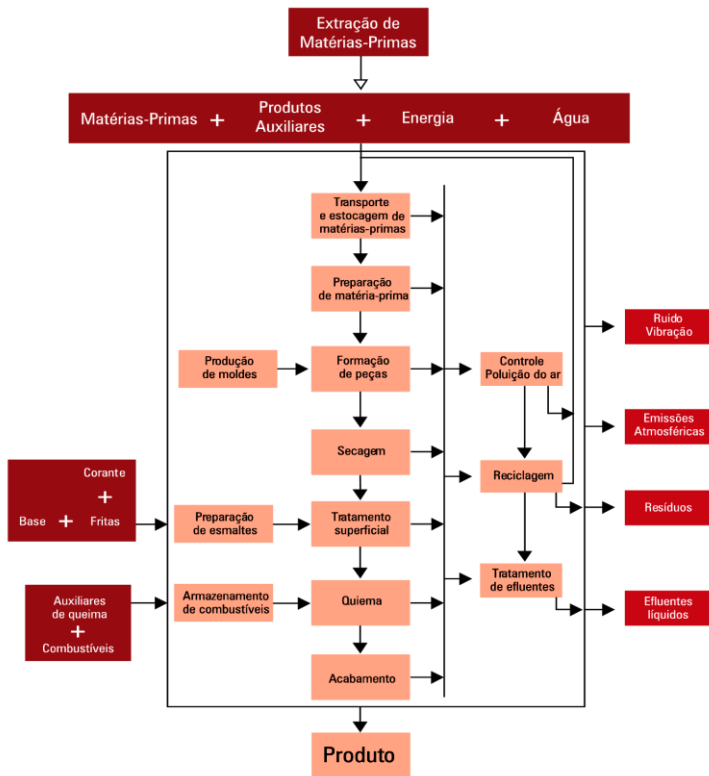


Figura 10: Processo produtivo da cerâmica vermelha.

Fonte: Reproduzido de <http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=45>. 2015.

A tabela 3, elaborada por FIESP, CETESB (2006) apud Berni et. al (2010), apresenta os impactos ambientais da produção de cerâmica como um todo. Com base nas informações apresentadas pela tabela, percebe-se que a energia é o fator de impacto ambiental, presente em todas as etapas, constituindo o elemento de maior demanda inovadora do ponto de vista da Eco eficiência.

Tabela 3: Fatores ambientais do processo produtivo cerâmico

Aspectos Ambientais	Input			Output				
Fase	Matéria-prima	Água	Energia	Emissões gasosas	Águas residuais	Resíduos	Ruído	Calor
Preparação da massa								
Conformação (prensagem)								
Conformação (moldagem)								
Secagem								
Preparação dos esmaltes								
Esmaltação								
Queima								
Acabamento								
Escolha								
Embalagem								

Fonte: CETESB 2006

Os custos demasiados com fontes energéticas durante o processo produtivo da cerâmica vermelha, prejudicam maiores investimentos em novas tecnologias de queima cerâmica, sobretudo para as pequenas e médias empresas. Tal fato as mantém na obsolescência e retardo produtivo, conforme apresenta o item seguinte sobre esta caracterização.

### **2.5.3. Características Mercadológicas da produção de cerâmica vermelha no Brasil.**

De acordo com ANICER (2013), a cerâmica vermelha é um segmento industrial, que dependendo de seu porte, demanda o uso intensivo de mão-de-obra. Neste segmento prevalecem dois tipos distintos de indústria: de um lado as microempresas familiares com técnicas essencialmente artesanais e empresas de

---

pequeno e médio porte que utilizam processos produtivos tradicionais. Portanto estas empresas se classificam como tecnologicamente atrasadas, se comparadas as de alto porte a nível nacional ou internacional. Esta classificação motiva cada vez mais os empresários do setor no sentido de buscar alternativas que possam mudar este quadro, melhorando a qualidade dos processos e produtos finais.

Em concordância a classificação supracitada, Villanueva, (2015) também sugere, que apesar da existência de uma relação direta entre a produção artesanal de cerâmica vermelha e /ou semi / industrial com a indústria da construção civil, esta tem permanecido substancialmente inalterada desde os tempos antigos.

Segundo dados da ANICER - Associação Brasileira de Cerâmica, ABC em conjunto com o Ministério das Minas e Energia - MME, existe uma forte necessidade de modernização do segmento oleiro no Brasil como um todo, considerando a baixa produtividade frente a outros países. Tal fato motiva uma forte tendência no aumento de empresas de grande porte.

## **2.6. Distribuição das empresas por região**

Estima-se que o setor de Cerâmica Vermelha possui em todo o Brasil cerca de 5,5 mil empresas com capacidade produtiva acima de 50 milheiros/mês. Contudo, deste total 1.003 encontram-se sediadas na região Nordeste, representando 18,2% do total, respondendo por 21,3% da produção nacional Estes dados provém do Departamento de Tecnologia e Transformação Mineral - DTTM da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM / MME (2008).

Existe uma certa divergência de dados sobre o setor de cerâmica no Brasil, provenientes das principais associações o representam, ocorre em função do alto índice de informalidade empregatícia. Este problema se vincula a toda a cadeia da Construção Civil no Brasil. Como por exemplo:

- A) Os dados da ANICER (2013) apontam que o mercado nacional possui cerca de 6.903 empresas entre cerâmicas e olarias, sendo responsável por mais de 293 mil empregos diretos, 900 mil indiretos e gerando um faturamento anual de R\$ 18 bilhões (4,8% do faturamento da indústria da construção civil) e;
- B). Os dados da ABC (Associação Brasileira de Cerâmica, 2012) fala sobre a existência de 11.000 empresas de pequeno e médio porte (produção de

cerâmica vermelha), o qual se distribuem por todo país, empregando cerca de 300 mil pessoas, e gerando um faturamento da ordem de R\$ 2,8 bilhões.

Portanto, os dados estatísticos hoje disponibilizados pelos órgãos representantes desse setor (ANICER/ ABC / MME), se baseiam na média do faturamento do crescimento do PIB, juntamente com o índice de crescimento da construção civil, que implica em produção.

O gráfico 2, de acordo com o Ministério de Minas e Energia, dados de 2012, apresenta a seguinte distribuição de empresas por região (%).

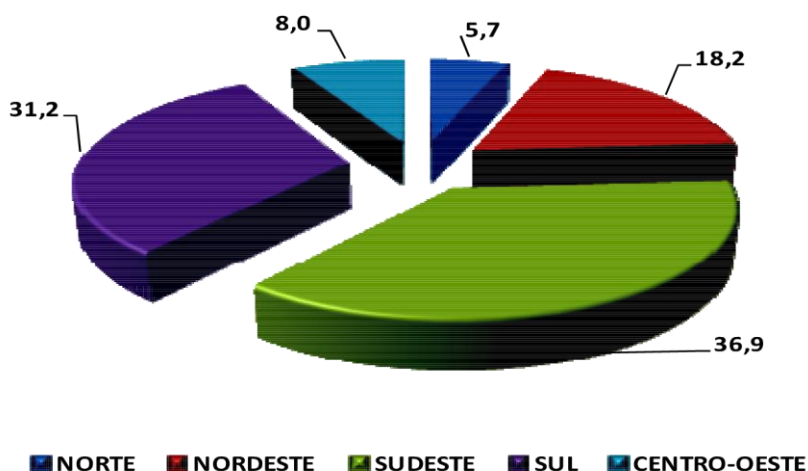


Gráfico 2: Distribuição de fábricas de cerâmica por região.

Fonte: Ministério Minas e Energia, 2012. Pág.34

Acessado por [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br). Em dezembro de 2015.

Este segmento possui um impacto econômico significativo para a região, considerando que o suprimento da cadeia produtiva é autônoma e não disputa mercado com as outras regiões do Brasil em função da localização geográfica da



---

Amazônia Brasileira. Os insumos que suprem a cadeia produtiva na entrada é um elemento facilitador, em razão da grande quantidade de matéria-prima, pois as fábricas estão nas proximidades das jazidas de argila e o escoamento comercial do produto nas proximidades dos centros consumidores. Desta forma pode-se reduzir os custos com transporte (MME, 2008).

Segundo dados obtidos pelo MME, (2008), os principais combustíveis utilizados pela indústria de cerâmica vermelha são a lenha nativa (50%) e resíduos de madeira (40%): cavaco, serragem, briquetes e outros resíduos. Para haver um plano de sustentabilidade energética, deveria se empreender esforços para aumentar o suprimento desta cadeia por meio do uso de lenha de reflorestamento. Desta forma geraria um excedente de biomassa para comercialização de madeira. Além disso, beneficiaria outras cadeias produtivas, como por exemplo, o uso de resíduos do agronegócio para a queima das peças, como casca de arroz e bagaço de cana. Estas estratégias. Sobretudo para empresas que buscam a certificação.

## **2.7. Adequação da produtividade as normas de qualidade (ISO 9000) e (ISO 14000) com foco na região norte.**

As normas de licenciamento ambiental devem ser conhecidas e rigorosamente seguidas por todas as empresas nacionais e especialmente pelas do setor cerâmico, devido ao seu potencial poluidor, frequentemente lembrado por entidades preocupadas com o meio ambiente.

As Normas Brasileiras chamam de blocos as peças com furos. Existem as seguintes normas específicas sobre o assunto:

NBR 7171- (1992) - Bloco Cerâmico para Alvenaria – Especificação;

NBR 8042 - (1992) - Bloco Cerâmico para Alvenaria - Formas e Dimensões – Padronização;

NBR 8043 - (1993) - Bloco Cerâmico portante para Alvenaria - Determinação da Área Líquida;

NBR 6461 - (1983) - Bloco Cerâmico para Alvenaria - Verificação da Resistência à Compressão;

Contudo existem guias que podem orientar a exequibilidade das citações das normas, quais sejam eles voltadas a ISO 14.000 ou ISO 9.000. Floriano (2007)

coloca, que a própria norma é um plano que orienta a seguir alguns passos sequenciais, que podem inserir a empresa no processo de certificação, de acordo com suas características, que resumidamente são os seguintes:

- identificar os aspectos ambientais envolvidos nas atividades da organização;
- identificar e avaliar os impactos ambientais produzidos pelas atividades da organização;
- identificar os requisitos legais quanto aos aspectos e impactos ambientais;
- criar uma política ambiental para nortear as ações a serem adotadas para atingir os objetivos;
- estabelecer metas ambientais;
- identificar e selecionar as ações necessárias para se atingir as metas;
- estabelecer critérios internos;
- elaborar um plano de ação;
- prover a organização das condições e meios necessários para cumprimento dos objetivos e metas ambientais de acordo com as diretrizes estabelecidas;
- estabelecer sistemas de monitoramento e controle para possibilitar a melhoria contínua do SGA (Sistema de Gestão Ambiental).

A norma NBR ISO 9001 (2000) preconiza que toda empresa inserida no Sistema da Qualidade deve realizar auditorias internas a intervalos planejados, para determinar se o sistema de gestão da qualidade está mantido e implementado eficazmente. Esta avaliação é realizada através de uma lista de verificação (*check-list*), de alguns itens de controle do processo produtivo. Neste *check list* são abordados todos os itens da norma ISO 9001 (CCB [www.ccb.org.br](http://www.ccb.org.br), acessado em março de 2015).

Um programa de auditorias internas deve ser delineado, levando em consideração a situação e a importância dos processos e áreas a serem auditadas, bem como os resultados de auditorias anteriores. Os critérios da auditoria, escopo, frequência e métodos devem ser definidos. O auditor selecionado não deve diagnosticar o trabalho do próprio setor. Os responsáveis pelas áreas deverão, finalizadas as auditorias, assegurar que as ações sejam tomadas depois de detectadas as não-conformidades. As atividades devem incluir acompanhamento, verificação das ações executadas e o relato dos resultados de verificação.

---

A empresa que atender a, no mínimo, 60% dos requisitos constantes na lista de verificação e apresentar conformidade dos produtos às normas técnicas é considerada apta a receber a certificação.

## **2.8. Processo de Queima em fornos tipo Paulistinha e Abóboda**

O processo da queima é muito importante para a obtenção das propriedades específicas do material cerâmico, como: cor e resistência mecânica (Berni et al 2010). No desenvolvimento do presente estudo é apresentado dois tipos de fornos, sobre os quais é realizada uma análise, considerando sua geometria, as suas funções do ponto de vista macro e de seus subsistemas, capacidade de produção e consumo energético por batelada.

Os fornos abóboda e Paulistinha são considerados fornos intermitentes, pois sua produção é feita por “bateladas” e não de forma contínua, como nos fornos tipo túnel. O ciclo de queima de um forno intermitente inicia-se com o carregamento do forno com o material a ser queimado. Com o forno totalmente preenchido, este é vedado para o início do processo de queima. Após a queima o forno é resfriado até uma temperatura que permita a retirada da carga produzida para o meio externo.

Henrique Jr. (2013) afirma que os fornos tradicionais se caracterizam por baixa produtividade, elevado consumo de combustível e de mão de obra. São fornos onde a temperatura não é uniforme em toda a câmara, de modo que se observam diferentes graus de queima do material, em função da localização da peça durante o processo de queima. Normalmente são construídos por câmaras circulares ou retangulares, paredes e com teto em forma de abóbada, todos constituídos com tijolos de alvenaria comuns. O material cru é carregado manualmente, empilhado sobre o piso, até o preenchimento de toda a câmara.

Em seguida, as portas são fechadas com tijolos queimados e vedadas com argila. As fornalhas situam-se nas paredes laterais da câmara e o seu número varia com o tipo de forno. Quando há recuperação de ar para a secagem são construídos canais subterrâneos ligando o forno à chaminé e aos secadores. As chaminés podem servir para a secagem a mais do que um forno.

O processo de queima inicia-se lentamente, aquecendo gradualmente todo material, evitando-se assim o aparecimento de trincas que podem surgir devido ao aquecimento brusco. Em seguida a temperatura do forno deve ser elevada até o ponto de queima adequado, também conhecido como curva de queima, neste momento surge o problema de diferença de temperatura entre a zona superior e a inferior da câmara de queima do forno. A figura 11 apresenta a relação entre o tempo e a temperatura, conforme avaliado por Messias, (1996) o processo de recuperação de gases quentes oriundos da queima em fornos intermitentes.

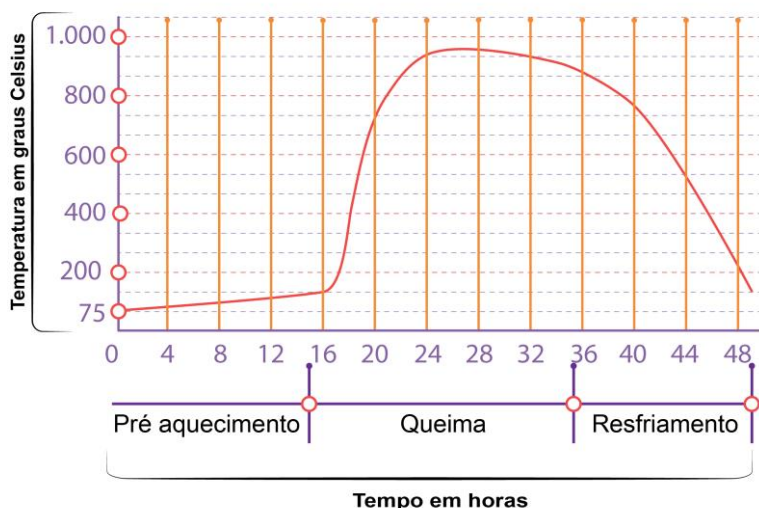


Figura 11: Evolução das temperaturas da carga e dos gases de um forno intermitente.  
Fonte: Adaptado de Messias 1996, página 33.

Embora existam zonas de temperaturas diferentes, a leitura de temperatura deve ser efetuada sempre no mesmo ponto, garantindo que todas as queimas vão se processar do mesmo modo. Após atingir a temperatura máxima de queima inicia-se um patamar, permitindo uma maior uniformidade de temperatura no forno e possibilitando o processamento das reações químicas.

---

De acordo com Berni et al (2010), as reações provocadas nas várias etapas do ciclo de queima constituem a base de conversões físicas e químicas em basicamente oito escalas crescentes de temperatura, ou seja, conforme a elevação da temperatura de queima, que se inicia em 100°C, com eliminação da água livre restante, até acima de 1000°C, onde os sílico-aluminatos que estão em forma vítrea começam a amolecer, assimilando partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade, se estabelecendo assim as propriedades qualitativas do produto final, com características de dureza, estabilidade, resistência física e química.

De acordo com Nicolau et al (2012), os processos de queima e secagem consomem a maior parte do combustível utilizado na fabricação dos produtos cerâmicos. A queima dá aos produtos cerâmicos suas características físico, mecânicas e até estéticas. Estas características ocorrem, em função de uma série de transformações estruturais e químicas, que ocorrem quando as argilas são submetidas ao calor.

De acordo com o tipo de argila, durante o processo de aquecimento e resfriamento da carga, considerando uma variação bem definida de aquecimento e resfriamento com temperaturas bem definidas, ocorrem transformações das substâncias que compõem a argila processada, resultando em diminuição ou aumento do volume da mesma. (QUEIROZ et al., 1988).

Berni et al (2010) classifica estas reações provocadas nas várias etapas do ciclo de queima, como sendo a base das seguintes conversões físicas e químicas:

- Até 100 °C: eliminação da água livre não eliminada totalmente na secagem;
- 200 °C: elimina-se a água coloidal, que permanece intercalada entre as pequenas partículas de argila;
- De 350 a 650 °C: combustão das substâncias orgânicas contidas na argila;
- De 450 a 650 °C: decomposição da argila com liberação de vapor;
- 570 °C: rápida transformação do quartzo;
- Acima de 700 °C: reações químicas da sílica com a alumina, formando sílico-aluminatos complexos que dão ao corpo cerâmico suas características de dureza, estabilidade, resistência física e química;
- De 800 a 950 °C: carbonatos se decompõem e liberam CO<sub>2</sub>;

- Acima de 1000 °C: os sílica-aluminatos que estão em forma vítrea começam a amolecer, assimilando as partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade.

## **2.9. Geometria da queima dos tijolos cerâmicos**

Segundo Henriques Jr. (2013), não somente a temperatura da peça é importante no processo, mas também o tempo para que as reações aconteçam. Não existe um tempo e uma curva de queima geral, uma vez que estes parâmetros irão variar de acordo com o tipo de forno, tipo de argila, eficiência de queima, distribuição do calor no interior do forno e condições ambientais. Na operação do forno cerâmico é muito importante controlar o processo de aquecimento e resfriamento, isto é, a velocidade com que a temperatura aumenta ou diminui ao longo do tempo. Esse cuidado se deve em virtude das variações dimensionais das peças (expansão e contração) que ocorrem durante o aquecimento ou resfriamento, significando que se os tempos adequados não forem obedecidos, poderão ocorrer deformações, fissuras ou quebras das peças.

### **2.5.4. Características técnicas da queima em fornos tradicionais**

Nicolau et al (2004) define o processo de queima, a partir do momento em que ocorre a combustão, gerando a troca de calor, por meio de radiação e convecção, entre o forno e a carga. Henrique Jr. (2013) apresenta uma descrição da maneira como o calor produzido na combustão é distribuído no processo de queima em fornos para produtos cerâmicos. Percebe-se por meio da descrição, que o calor produzido na combustão se distribui para vários pontos, porém, apenas uma parte deste calor é utilizado pelos produtos cerâmicos em processo de queima, as demais parcelas de calor se perdem nos gases de combustão através da fumaça, outra parte fica armazenada nas paredes e teto ou é desperdiçada com os produtos que sofreram sobrequeima.

A representação visual por meio da marcação dos pontos enumerados na figura 12, mostra como o calor é distribuído e dissipado durante o processo.

1. Entrada do calor / queima combustível;
2. Perda de calor nos gases de combustão pela chaminé;
3. Perdas variadas em função de frestas e aberturas (forno sem manutenção);
4. Perdas através de paredes e teto;
5. Calor acumulado nas paredes do forno;
6. Calor acumulado nas peças produzidas;
7. Calor utilizado pela absorção das peças no cozimento.

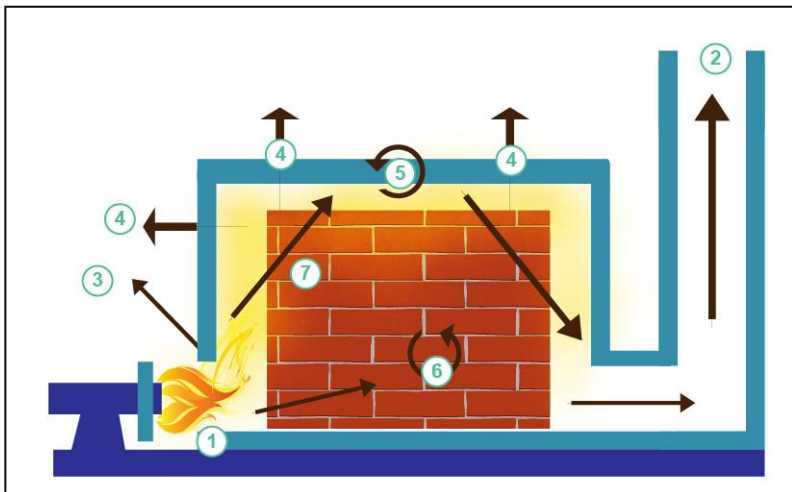


Figura 12: Representação da distribuição do calor durante o processo de queima em forno intermitente.

Fonte: Adaptado de Henriques Jr. 2013, página 10.

De acordo com o Machado Jr. & Torqueti C. (2013), deve-se primeiramente definir os critérios que definem o tempo da queima cerâmica, depois estabelecer a gradação do aumento da temperatura, cuja velocidade de aquecimento não deve ultrapassar 40 °C/h, principalmente na temperatura de risco, 575 °C. Estas fases são denominadas, tanto pela literatura, quanto pelos operadores das fábricas locais como:

### **A. Esquente**

O início do esquite deve ser lento, obedecendo a critérios técnicos, sendo necessária a medição da presença de umidade do material. A medição pode ser feita com auxílio de uma barra de ferro, colocando-a na espia inferior por 30 segundos, e observando a presença ou não de umidade na barra (gotículas).

O esquite deve ser feito com as fornalhas e cinzeiros fechados (após a combustão da lenha) para evitar o excesso de oxigenação, que prejudica a temperatura da chama e a velocidade de aquecimento. Os registros (chaminés) deverão estar abertos por completo até atingir 300 °C, após esta temperatura os mesmos deverão ser fechados gradualmente.

### **B. Queima**

A velocidade de aquecimento varia com o tipo de combustível e a maneira em que se processa a alimentação das fornalhas. O controle de queima deverá ser realizado pelo registro da chaminé o tempo todo. Em muitas cerâmicas este registro fica aberto do começo ao fim da queima, aumentando o consumo de combustível e os problemas de homogeneização de queima. Lembrando sempre que a velocidade não deve ser maior que 40 °C/h, principalmente nas temperaturas de riscos (375 °C e 575 °C).

### **C. Patamar de queima**

Durante o patamar (tempo em que o material na máxima temperatura), quanto mais tempo o produto permanecer na temperatura máxima melhor será a qualidade do mesmo. Recomenda-se o mínimo de 6 horas de patamar para produtos vazados e 10 horas para telhas e produtos maciços. Salienta-se que o patamar deverá ser estudado para cada tipo de argila e produtos produzidos pela empresa.

## **2.10. Sistemas de Queima Eficientes – Produção Limpa**

O sistema de queima aqui em analogia confere conceitos paralelos e interligados no sentido de entender a relação entre combustão eficiente, assim como eficiência



---

energética e a produção de tijolos em sistemas produtivos tradicionais da indústria oleira.

Henriques Jr. et al (2012) afirma que um dos conceitos de eficiência energética se relaciona com a otimização dos recursos energéticos, sem alterar a produção, tornando possível explorar alternativas de redução do consumo de energia térmica ou elétrica, considerando as vantagens econômicas e ambientais.

Bazzo (1995) diz que todo processo de combustão deve atender a princípios que garantam economia ou eficiência na queima de combustível. Contudo, ao observar este processo na prática, em condições normais de operação, torna-se difícil alcançar tal aproveitamento, no sentido de aproveitar todo o potencial energético disponível no combustível. Sendo assim o mesmo autor complementa afirmando, sobre a necessidade de trabalhos que venham a otimizar este processo, buscando a minimização das perdas de energia envolvidas no processo de combustão. A metodologia mais utilizada em gestão ambiental é a produção mais limpa, que tem como princípio básico eliminar a poluição durante o processo de produção.

Andrade, Marinho & Kiperstok (2001), diz que produção limpa consiste em um conjunto de medidas relativas à produção, tais como: boas práticas operacionais e adoção de medidas para evitar perdas, armazenamento e disposição final adequada dos resíduos, redesenho de produtos e processos, minimização e uso suficiente de matérias-primas e energia, substituição de substâncias tóxicas.

Entre os principais benefícios da produção mais limpa, segundo Batiz e Farias (2009), pode-se citar a diminuição dos resíduos na fonte com a conseqüente redução de custos na manipulação, no tratamento e na destinação final; a elevação do nível de reconhecimento das empresas perante seus clientes e comunidade; e a redução do consumo de matérias-primas e materiais. Sem desconsiderar, os menores impactos a saúde das pessoas, melhores condições de trabalho e redução no número de acidentes. Uma análise sobre as características técnico produtivas dos sistemas tradicionais de queima (fornos abóboda e paulistinha), bem como do cenário da produção cerâmica brasileira e amazônica, permitiu detectar os limites que permeiam a etapa produtiva da queima e as demais fases da produção de cerâmica vermelha. Baseando-se em tal análise, buscou-se identificar quais aspectos tecnológicos deveriam ser considerados ao se aprofundar nas referências teóricas que apresentam tais aspectos.

A identificação desses aspectos serviu de guia para a fase de desenvolvimento do modelo estrutural adaptável, orientado pelo método de Design Concorrente (Hernandis, 2003) e Analogia Sistêmica (Rozenburg & Ekels, 1995).

### 2.11. Combustão por processo downdraft

Os trabalhos de Khan et al (1989) apud Borges (1994) demonstraram que a combustão por processo *downdraft* propicia a queima da lenha praticamente completa, diferenciando-se entre os processos de queima tradicionais. Esta ocorre por meio de modificações morfológicas e geométricas na câmara de combustão, tornando a combustão adiabática e invertendo o fluxo de ar como demonstra a figura 13.

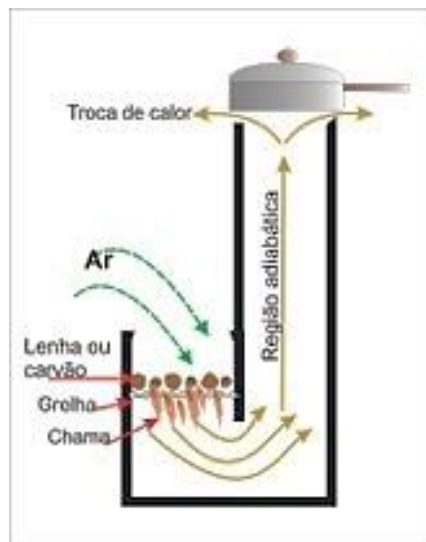


Figura 13: Princípio de funcionamento do fogão *downdraft*.  
FONTE: ADAPTADO DE BORGES (1994 PÁGINA 18).

---

De acordo com Khan et al (1989) apud Borges (1994) o processo de queima limpa faz com que os voláteis pirolisados pela radiação e condução do leito de carvão, juntamente com o ar para combustão, passem por uma região de altas temperaturas, (grelha e biomassa), onde ocorrem reações de craqueamento (transformação de lenha em carvão, através da combustão). Os gases produzidos passam por uma região, conhecida como adiabática, propiciando as condições necessárias de tempo e temperatura para que as reações de combustão sejam completadas, o que diminui a pirólise descontrolada. Ao contrário do que ocorre no processo convencional, onde a lenha fria recebe calor através de radiação em uma proporção menor.

A adaptabilidade tecnológica proposta por esta pesquisa se fez com a integração entre o sistema de combustão por queima limpa e o processo de queima de cerâmica estrutural. Os trabalhos de (Mota, Souza e Martins, 2006) e Mota e Souza (2007) registram resultados positivos no que tange a adaptação tecnológica entre sistemas de combustão, considerando a utilização eficiente de energia associada e a produção limpa, assim como o conforto térmico que responderam positivamente ao que se pretendia no que tange a adaptação entre sistemas de queima, portanto, acredita-se que o subsistema de queima limpa adaptado, propicia eficiência produtiva, atendendo a demanda produtiva do sector oleiro amazonense.

Ainda o mesmo autor observa que a combustão da lenha na câmara de combustão é determinada por complexos processos e fenômenos físicos e químicos. Os fenômenos físicos acompanham os processos de preparação do combustível e do ar, pulverização e mistura do combustível e do ar, e de inflamação. Os fenômenos químicos são caracterizados pela temperatura e concentração das substâncias em reação. Na câmara de combustão há complexos campos de distribuição de velocidade, concentração e temperatura.

O conhecimento sobre os elementos que compõem esta tecnologia permitiu que a adequação da mesma ao sistema tradicional de torrefação, em termos de configuração de produto, pudesse ser desenvolvida em meio à utilização de métodos de desenvolvimento projetual e teorias que deram suporte ao contexto anteriormente comentado.

## **2.12. Inovação Tecnológica associada a sistemas tradicionais de produção.**

Grande parte dos processos de fabricação utilizados hoje teve sua origem na antiguidade, ou seja, a técnica de transformação de matéria prima acompanha o homem desde que o mesmo passou a desenvolver maneiras de tornar a sua vida mais fácil, desenvolvendo ferramentas e transformando o seu ambiente. Contudo a Tecnologia só veio ter existência depois do estabelecimento da chamada ciência moderna, no século XVII, quando o homem percebeu e entendeu sobre a existência de leis científicas que regiam o funcionamento dos acontecimentos e, por conseguinte de suas criações. Essa forma de pensar levou o homem a buscar continuamente por melhorias para o seu modo de vida, descobrindo novos materiais e novos métodos de fabricação, assim como melhorar as técnicas que já existiam. (DUCASSÉ, 1962 apud LOSEKANN et al 2006).

A inovação segundo Hennig (1994) significa enxergar o novo no velho criando novos modelos a fim de vencer a resistência própria às alterações e a preferência pela estabilidade que não conduz ao progresso, resultando na ruptura dos hábitos de rotina. Essa ideia caracteriza a inovação como “agente de mudança conceitual”. Mudança nesse contexto significa “o novo sob determinado ponto de vista”, podendo-se afirmar desta forma que a inovação é um produto momentâneo, sendo assim algo que é produzido, planejado e construído, não resultante do acaso.

De acordo com Lastres et al (2006) a produção, difusão e utilização de inovações tecnológicas constituem atividades fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico de um país, que resulta inicialmente de um processo construtivo de ordem filosófica e social, devendo integrar e abranger diferentes setores como: universidades, empresas, governos, associações, institutos e centros de pesquisa.

Para Mariano (2006) o conceito de inovação tem evoluído ao longo do tempo, especificamente no que se refere à compreensão do que seja inovar e da inter-relação entre os agentes que compõem este sistema, portanto a inovação pode migrar de uma visão puramente tecnológica e passar a ser entendida como a utilização do conhecimento científico sobre novas formas de desenvolver, produzir,

---

comercializar e distribuir produtos e serviços, matérias essas pertinentes à engenharia de produção.

Todos esses conceitos permitem fortalecer a sistemática de difusão de um novo produto que possa contribuir com o rompimento da rotina dos hábitos, assim como propiciar desenvolvimento sócio econômico de uma comunidade até de um país, firmando a utilização de conhecimentos científicos para produzir, comercializar e distribuir produtos e serviços, contemplando as melhorias no processo produtivo da farinha de mandioca, meta a ser atingida pelo projeto em discussão.

Com o intuito de fortalecer as ideias propostas pelo projeto, no que diz respeito as possíveis modificações advindas dos resultados, busca-se respaldo nas afirmações de Neto *et al*, (2000), o qual afirma que o sistema produtivo tem modificado suas estruturas organizacionais com relação ao mercado e ao ambiente em que estão inseridos, facultando a relação entre um processo de mudanças e as novas tecnologias de produto e de processo produtivo.

Ao considerar a inovação tecnológica como um fator essencial a partir de demandas surgidas por meio da necessidade social e mercadológica, Schumpeter (1982) diz que a inovação, assim como a tecnologia, está no centro do desenvolvimento tecnológico e devem ser viabilizadas à medida que atendam a tais necessidades.

Ao discutir inovação observamos também a justificativa de Puerto (1999), quanto à questão de inovar tecnologicamente em forma de produto. Ele aponta que inovação é necessariamente composta por objetos materiais, tangíveis, poli dimensionais, resultantes de processos de mediação entre o homem e projeto, economicamente viável, atendendo as necessidades, solucionando-as ou até mesmo criando-as e que ao mesmo tempo seja sociável, vendável e que, sobretudo possa ser bem explorado geograficamente. Vale ainda comentar que o projeto proposto não se limita à inovação tecnológica, pois este é um tema que requer mais estudo mediante seu verdadeiro conceito. O que propomos é um conceito de um novo produto, sugerido a partir de uma necessidade real observada.

Apresenta-se a colocação de Puerto (1999, pág.17), sobre as justificativas para existência de novos produtos:

*"As justificativas para a existência direta de um produto são os desejos e as necessidades individuais ou coletivas básicas, existenciais ou de prazer, assim como os indivíduos demandantes de produtos..."*

Portanto, a atuação deste novo sistema está diretamente ligada a necessidade de se manter a cadeia produtiva, suprindo as demandas comerciais locais, dos produtores e operadores do sistema. Contudo, tal inovação deve considerar o equilíbrio entre a potencial contribuição para a melhoria do setor, considerando o meio em que este se encontra com vistas a um coletivo, social, ambiental e econômico.

Desta forma esta sugestão vem somar características de melhoria de processo, assim como contribuir de maneira efetiva para a qualidade do trabalho, contribuindo com a melhoria dos aspectos ambientais, no que tange as estratégias de redução da matriz energética.

Esta pesquisa segue um esquema que representa o processo de inovação tecnológica esboçado por Robin et al (1984) apud Puerto (1999). Este esquema permite o entendimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos com a participação ativa do Eco Design em meio a engenhosidade dos processos de inovação tecnológica.

### **2.13. Ecodesign**

O desafio do século XXI é evitar ou minimizar os impactos adversos de todos os produtos no meio ambiente. Sendo assim, qualquer desafio constitui tanto uma demanda quanto uma oportunidade.

O desenvolvimento deste projeto tem como fundamento a utilização de estratégias orientadas pelo Ecodesign, que segundo Ramos (2001), propicia meios para o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos, uma vez que segue caminhos para direcionar o uso racional da energia e da matéria-prima, a preservação da biodiversidade, a minimização de resíduos, a utilização de tecnologias limpas e o uso de combustíveis renováveis.

As estratégias do Eco Design para redução de impactos e extensão da vida útil dos produtos podem ser observadas mais detalhadamente nos quadros 02 e 03.

Estratégias de Redução	Exemplos
Redução do uso dos recursos naturais	Simplicidade da forma; Agrupar funções; Evitar superdimensionamentos; Diminuir volume; Diminuir peso; Diminuir uso de água; Usar materiais abundantes;
Redução do uso de energia	Reduzir energia na fabricação; Reduzir energia na utilização do produto; Reduzir energia no transporte; Usar fontes de energia alternativas;
Redução de resíduos	Usar materiais reciclados; Usar materiais vindos de fontes abundantes; Evitar material que produza emissões tóxicas.

Tabela 4: Estratégias de redução  
FONTE: ADAPTADO DE FIKSEL 1996 P.95

Estratégias – extensão da vida útil	Exemplos
Aumentar a durabilidade	Facilitar manutenção; Facilitar substituição de peças; Incentivar mudanças culturais;
Projetar para o reuso	Na mesma função; Em outras funções;
Projetar para a remanufatura	Facilitar desmontagem; Prever atualizações tecnológicas; Projetar intercâmbio de peças;
Projetar para a reciclagem	Facilitar desmontagem; Identificar diferentes materiais; Atribuir valor estético aos materiais reciclados;
Planejar fim da vida útil dos materiais / produtos	Utilizar materiais biodegradáveis em produtos de vida útil breve; Utilizar materiais que ser incinerados para a geração de energia sem que produzam emissões tóxicas.

Tabela 5: Estratégias de extensão da vida útil  
FONTE: ADAPTADO DE FIKSEL 1996 P.95

A estratégia de redução é subdividida entre três ramificações básicas, que categorizam sua atuação como conceito inerente ao desenvolvimento de produtos.

### **a. Redução do uso de recursos naturais**

Além de propor a redução do consumo de materiais ao longo do ciclo da vida de um produto, pois reduzindo o consumo de matérias-primas, se reduz também à geração de resíduos, o designer deve se preocupar com a simplicidade da forma, pois a mesma facultará tanto na redução de material como também menor custo produtivo. Segundo Fiksel (1996) as práticas mais comuns são:

- Redução das dimensões físicas do produto;
- Utilização de materiais mais leves como substitutos;
- Estrutura de proteção mais fina;
- Aumento da concentração em produtos líquidos;
- Redução do peso ou da complexidade de embalagens, e;
- Utilização de documentação eletrônica substituindo o papel.

### **b. Redução do uso de energia**

A redução de consumo energético se destaca dentro das práticas ambientais, pois afetam diretamente a redução dos custos operacionais, tais como.

- Utilização de equipamentos mais eficientes em termos energéticos;
- Aproveitamento da iluminação natural;
- Utilização de exaustão eólica;
- Iluminação dividida por setores da empresa;
- Conscientização sobre educação ambiental como estratégia de desenvolvimento empresarial.

Ainda sobre a redução energética deve ser considerado o planejamento da logística da distribuição, ou seja, a cadeia de distribuição dos produtos, desde sua aquisição até a entrega do mesmo ao consumidor. Para tornar eficiente a distribuição energética, alguns pontos podem ser considerados.

Redução da distância total para o transporte. Proximidade de fornecimento e distribuição;

- Utilização de transporte de baixo custo energético;



- 
- Redução do volume, para que o espaço seja melhor aproveitado.

**c. Redução de resíduos:** Neste sentido deve haver uma avaliação das técnicas de produção, as quais devam facultar a escolha de técnicas de menor impacto ambiental, tanto na matéria-prima e insumos utilizados, como na geração e categorias de resíduos. Esta avaliação deve ser verificada em todas as etapas da produção, pois assim haverá uma otimização e adequação para que as mesmas estejam de acordo com critérios ambientais. Portanto é recomendado:

- Usar materiais reciclados;
- Usar materiais vindos de fontes abundantes;
- Evitar material que produza emissões tóxicas.

Para a estratégia de extensão da vida útil do produto segundo Prates (1998), a análise do ciclo de vida (ACV) pertence a um processo de avaliação dos produtos ambientais associado a um sistema de produtos e serviços, que permite identificar e avaliar os impactos dos produtos no meio ambiente ao longo do seu ciclo de vida, que tem sua origem na extração das matérias-primas, perfazendo a produção, transporte, uso e descarte após o uso, portanto todas as fases do processo produtivo devem ser avaliadas, dependendo é claro da profundidade a que se destina o estudo.

Desta forma observa-se que os efeitos da produção de um produto resultam em impactos ambientais, determinados pelas entradas e saídas durante o seu ciclo de vida.

Sendo assim é importante apresentar os objetivos da análise do ciclo de vida, conforme Fiksel (1996), que são os seguintes:

- Desenvolver um inventário dos impactos ambientais associados aos produtos, processos e atividades, identificando e quantificando energia e materiais utilizados e os resíduos gerados;
- Analisar o impacto desses materiais e energias utilizados e posteriormente lançados ao meio ambiente;
- Avaliar e implementar oportunidades para melhoramentos ambientais efetivos.

Ao reconhecer a importância da ACV, Fiksel (1996) aponta algumas críticas, que podem ser entendidas como fatores limitantes, por exemplo, a controvérsia dos limites propostos para a análise, dificuldade de capturar as constantes mudanças tecnológicas e do mercado, e o custo para aquisição dos dados para análise.

As fases da ACV são divididas em: aumento da durabilidade, projetar para o reuso, projetar para a remanufatura, projetar para a reciclagem e planejar o fim da vida útil dos materiais e produtos, levando em conta o estágio inicial da aquisição de matéria-prima e considerando as atividades envolvidas, assim como os fatores atuantes neste processo.

Cada fase da ACV possui mecanismos que facultam a sua realização, estes funcionam como direcionamento metodológico para que as análises envolvidas possam responder positivamente aos objetivos pré-definidos. A fase de aumento da durabilidade implica em facilitar manutenção, facilitar substituição de peças e incentivar mudanças culturais.

A projeção para o reuso implica na reutilização dos produtos, para que os mesmos sejam adequados à mesma função ou outras funções.

O terceiro estágio é a remanufatura do material, incluindo processamento da matéria-prima, por exemplo, a elaboração de produtos, cujos componentes também não agredam o meio ambiente. Este desenvolve subsistemas que facilitam a desmontagem, prever atualizações tecnológicas e projetam intercâmbio de peças.

O estágio que trata da reciclagem, objetiva facilitar a desmontagem, identificar diferentes materiais, não desconsiderando o valor estético aos materiais reciclados.

Ao se planejar o fim da vida útil dos materiais e produtos deve ser considerado a utilização de materiais biodegradáveis para produtos de vida útil breve, como embalagens e consumíveis de produtos, utilizar materiais que ao serem incinerados para geração de energia, não produzam emissões tóxicas.

Concluindo o conceito da análise do ciclo de vida e associando-o como uma ferramenta para a implementação do Ecodesign, lança-se mão de um questionamento feito pelo Instituto de Pesquisa em Automação e Produção de Fraunhofer, na Alemanha, o IPA (*Institut für Produktionstechnik und*

---

*Automatisierung*). De acordo com IPA (2008), durante o desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos surgem algumas questões, como por exemplo: o que significa produtos ambientalmente corretos, como as inovações nos processos e materiais podem melhorar o desempenho ambiental dos produtos e como descrever e transferir tais melhorias ambientais de um produto para outro, além disso, devem ser levados em conta os custos referentes a resolução destas questões, o que reflete em mais um obstáculo, principalmente para empresas pequenas e médias. Contudo, o IPA (2008) também se manifesta, propondo um desenvolvimento em conjunto pelas empresas, de produtos e programas ambientais, como alternativa para redução de tais custos.

O Instituto considera a análise do ciclo de vida como sendo a base para iniciar o desenvolvimento de produtos considerados ecológicos, pois gera um conjunto de informações que são posteriormente interpretadas, com a finalidade de otimizar os processos produtivos e favorecer a escolha de matéria-prima adequada.

De posse dos conceitos e teorias que fundamentam esta pesquisa, foi traçado um método de abordagem que permitisse galgar caminhos seguros para o desenvolvimento do projeto, visando alcançar os objetivos propostos, lançando mão de duas estratégias orientadas pelo Eco design. As estratégias de redução de energia combustível no processo de queima de cerâmica vermelha, o que resulta, por conseguinte na redução de insumos madeireiros como matriz energética para este processo.



---

## **CAPÍTULO 3 – MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. INTRODUÇÃO - Conceitos Gerais sobre pesquisa e ciência**

O contexto da pesquisa em Design não se distingue do processo investigativo das demais áreas do conhecimento. Ao se falar em pesquisa, faz-se necessário lançar mão de conceitos básicos sobre ciência e os meios pelo qual esta se materializa. A ciência pode ser classificada como uma das atividades humanas que permite ao homem adquirir o conhecimento de modo sistemático, considerando a natureza dos problemas, que são o foco motivador de sua curiosidade em busca de soluções concretas para melhorar a vida em todos os sentidos.

Os meios pelos quais o conhecimento é adquirido, se fazem reais em função seja da intuição, experimentação ou racionalização. Estes meios podem ocorrer em paralelo, isoladamente ou um decorrente do outro. Contudo, a qualidade do conhecimento obtido depende da forma como este é adquirido, portanto fazendo-se necessário uma sistematização do caminho a percorrer durante o processo de pesquisa, prevendo a possibilidade de um resultado, seja este satisfatório ou não, aos intuits iniciais que se almeja.

De acordo com Oliveira (2000) a ciência se subdivide em dois tipos em sua raiz, que seriam as ciências factuais e as ciências formais. A primeira se destaca em função de sua característica aplicada, ou seja, direcionada a um objetivo concreto, material, determinante e reproduzível, para sanar algum problema também concreto, material e determinado. Este tipo de ciência pode ser replicado a partir de experiências reais, cujo método permeia atividades observacionais, experimentais e, predominantemente, sintética em sua síntese. A segunda forma se destaca pela naturalidade em que se fundamenta, como se fosse descoberta por meio de reflexão a partir de deduções reais, tangíveis ou não. Destacam-se neste tipo de ciência as áreas da filosofia e da matemática. O objeto de estudo das ciências formais ou puras nascem idealisticamente, tendo como método a dedução, cujo critério de verdade aborda a consistência analítica do seu enunciado, resultando desta forma em teoremas. O fundamento da ciência tal como deve ser, se posiciona diante da verdade não como um saber absoluto e integralizado, mas sim por meio da sucessiva afinidade entre modelos, sendo válido até que novas experimentações ou observações o substituam.

De acordo com Gil (2007), Fonseca (2002) e Triviños (1982) a figura 14 apresenta o organograma da pesquisa de acordo com suas características gerais. Trata-se de uma compilação de definições de acordo com os autores supracitados.

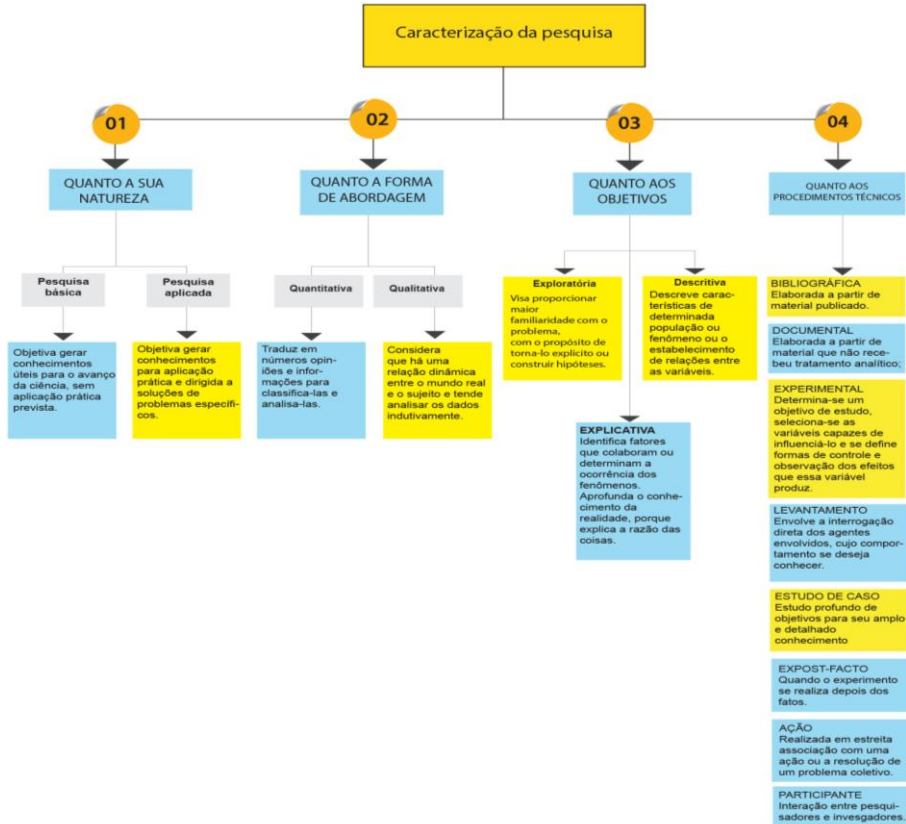


Figura 14: Caracterização da pesquisa científica. Fonte: Gil, (2007)

A partir de tais definições sobre pesquisa foi possível delimitar o alcance desta tese de doutorado, assim como os métodos, técnicas e procedimentos utilizados, conforme identificado na figura supracitada. Os aspectos implementados estão destacados pela cor amarela, sendo melhor esclarecida no item 3.2, seguinte a este.

### **3.2. Classificação desta Pesquisa**

Esta pesquisa se classifica quanto a área como sendo teórico/prática, de natureza descritiva e aplicada assim no campo, pois visa gerar conhecimento para aplicação prática e dirigida a soluções com problemas específicos, através da geração de resultados experimentais com técnicas de validação conforme as características de cada etapa. Esta pesquisa por sua vez consistente na formulação de hipóteses por meio da metodologia de pesquisa, orientada por Gil (2007).

Sua abordagem consiste basicamente em três etapas principais, a saber: a) a fase de coleta de informações, que conclui com a apresentação do estado da arte, b) fase projetiva, o que gera um modelo sistémico para a implementação e processo de controle) e c) a fase de execução, em que os resultados validarão as atividades planejadas, por meio de técnicas de observação e caracterização por analogia, além de desenho experimental e simulação com Software NX Versões 10 e 11 Siemens PLM Software.

O método da pesquisa foi definido a partir da coleta de dados e análises, de registro fotográfico, entrevistas a especialistas e empresários locais, assim como, entrevistas com os operadores dos fornos operantes, além de um mapeamento em campo de estudo. Ao analisar os processos existentes, o que não só constrói a pesquisa como também a sua concepção. Após a coleta de dados, foram avaliadas as variáveis, bem como os requisitos e parâmetros para o esboço de uma proposta que viabilize as melhorias e, portanto, um projeto que respondesse aos objetivos traçados.

Os resultados da pesquisa foram documentados e divulgados de acordo com a implementação dos mesmos, sendo analisados a partir das respostas obtidas em cada etapa, considerando o cumprimento parcial de cada etapa, em função dos objetivos específicos e gerais da pesquisa.

A definição desta pesquisa se estrutura de acordo com suas características metodológicas que se organiza teoricamente pelo modelo apresentado na figura 15.



Este modelo corresponde a uma estruturação mista adaptada a partir de escopos sugeridos por Gil (2007), Fonseca (2002) e Triviños (1982).

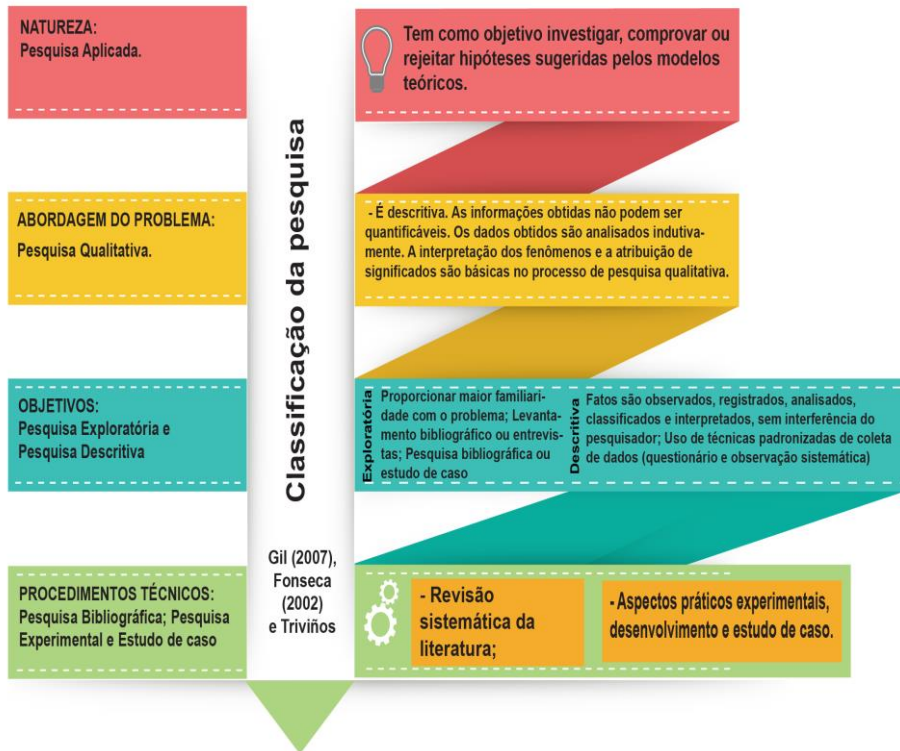


Figura 15: Organização estrutural da pesquisa.

### 3.3. Método exploratório descritivo - Descrição do problema.

O objetivo da pesquisa descritiva foi realizar estudos exploratório-descritivos combinados, buscando descrever a questão do estudo de caso, tanto com descrições quantitativas e/ou qualitativas, acumulando informações detalhadas, que serviram de diagnóstico preambular da pesquisa desenvolvida.

No que diz respeito aos métodos descritivos utilizados para esta pesquisa, é importante apresentar uma definição detalhada de como esta etapa inicial foi modelada para descrever determinado fenômeno, a partir de observações sistemáticas de características quantitativas ou qualitativas.

Conjuntamente aos estudos descritivos, foram utilizados procedimentos específicos para coleta de dados, os quais se dividem em Estudos exploratórios-descritivos combinados e Estudos que usam procedimentos:

**Estudos exploratório-descritivos combinados** - Têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno, tanto com descrições quantitativas e/ou qualitativas, para formar um conjunto de informações detalhadas. No que diz respeito as tarefas e procedimentos técnicos da fase exploratória, foram contempladas as seguintes ações:

1. Foi realizado um levantamento de informações teóricas a respeito do contexto que envolve o estudo de caso;
2. Realizou-se o registro do processo de queima em fornos tradicionais (paulistinha e abóboda), no âmbito da região estudada.

Desta forma foram compiladas informações teóricas a respeito do contexto da produção cerâmica em fornos tradicionais, sobretudo envolvendo as características produtivas do cenário estudado, analisando os insumos utilizados, buscando uma média de consumo e um padrão de queima, entre as olarias, uma vez que grande parte destas olarias realizam a atividade muitas vezes de modo empírico.

**Estudos que usam procedimentos específicos para coleta de dados** – Têm por objetivo utilizar exclusivamente um dado procedimento, como análise de conteúdo. Neste caso detectar os aspectos ergonômicos da atividade de queima (operador do forno), buscando uma estimativa das questões que envolvem seu ambiente de trabalho.

### **3.3.1. *Revisão sistemática da literatura.***

O objetivo da revisão sistemática da literatura, foi analisar relatos de experiência e publicações científicas através de um estudo baseado em revisão sistemática

(figura 16), com o propósito de identificar os elementos que compõem as abordagens para o tema da tese, que envolvem questões relacionadas a adaptação tecnológica para forno de torrefação cerâmica voltada para pequenas e médias empresas do polo cerâmico de Iranduba e Manacapuru nas cercanias de Manaus, com vistas as estratégias de Eco design (ISO 14006), design sustentável, inovação tecnológica, ergonomia, combustão limpa (queima adiabática), o cenário brasileiro e local da produção de cerâmica estrutural bem como, processos de queima limpa.

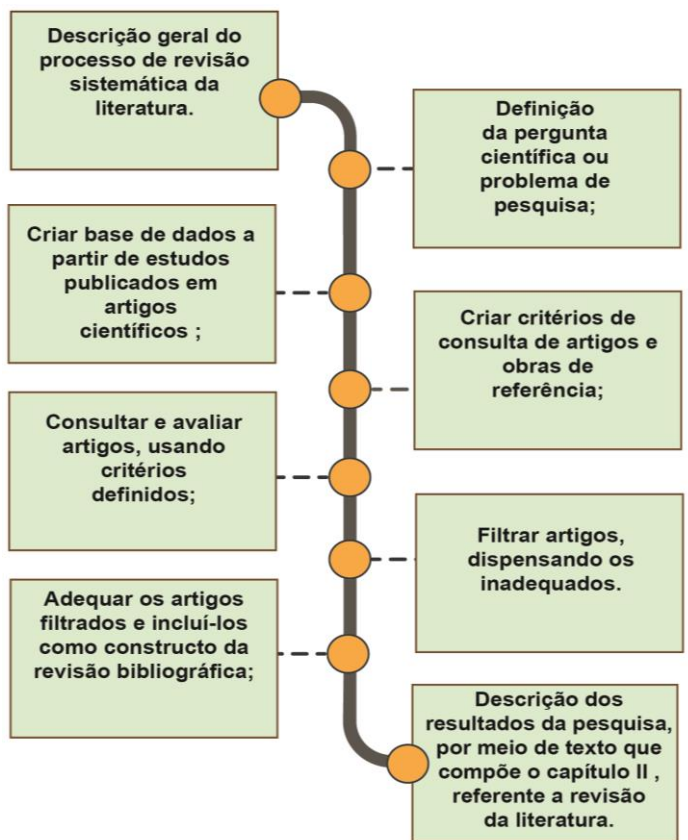


Figura 16: Organograma da pesquisa sistemática da literatura.

Os resultados da pesquisa foram documentados e divulgados de acordo com a implementação dos mesmos, sendo analisados a partir das respostas obtidas em cada etapa, tornando-se necessário avaliar, por um lado, se as soluções obtidas foram inovadoras e atenderam aos requisitos e parâmetros pré-estabelecidos, e por outro, as consequências ambientalmente impactantes das mesmas. Sendo assim, foi considerado para a determinação dos aspectos do processo de queima, que envolvem as características de cunho ambiental, técnico / produtivo e econômico, sobre os quais se entende a tríade do desenvolvimento sustentável.

#### **3.4. Método analítico - Análise do problema.**

Para analisar o objeto de estudo, se buscou inicialmente realizar uma série de procedimentos técnicos, envolvendo, entrevista a expertises para validar as informações (dados) obtidos por meio da pesquisa bibliográfica que deram o suporte técnico e científico para o desenvolvimento do novo sistema de queima cerâmica. Além disso, foram realizadas observações em campo, com o intuito de fazer um mapeamento da situação e do ambiente do estudo de caso. Desta forma foram realizadas algumas visitas as fábricas do Polo Oleiro de Iranduba, transpondo um olhar crítico em função dos elementos que passavam a criar uma motivação maior pela realização desta pesquisa.

A partir de então, verificou-se que o design, enquanto agente mediador entre as necessidades da indústria oleira tradicional / consumidor local / operador do sistema em estudo, poderia dar um importante contributo para as questões que envolvessem uma possível adaptabilidade tecnológica sistematizada por meio de uma inovação tecnicamente viável e ambientalmente correta.

Com base em dados levantados, a partir das análises dos fornos de queima cerâmica tradicional, muito comum na região estudada, foram observados aspectos relativos as necessidades de melhoria ambiental.

Como diagnóstico desta observação, verificou-se que tais aspectos prejudicam a qualidade do processo de cocção cerâmica, onde se detecta a utilização de fornos pouco eficientes, em função da queima ineficiente da lenha ou outros insumos

---

energéticos, apresentando uma série de inconvenientes e disfunções operacionais, resultando em transtornos para o operador da tarefa.

Berni et al (2010) dizem que o processo da queima é muito importante para a obtenção das propriedades específicas do material cerâmico, como: cor e resistência mecânica. No desenvolvimento do presente estudo é apresentado dois tipos de fornos, sobre os quais é realizado uma análise, considerando sua geometria, as suas funções do ponto de vista macro sistêmico e de seus subsistemas, capacidade de produção e consumo energético por batelada.

O mesmo apresenta as etapas da queima, explicando que tal processo inicia-se lentamente, aquecendo gradualmente todo material, evitando-se assim o aparecimento de trincas que podem surgir devido ao aquecimento brusco. Em seguida a temperatura do forno deve ser elevada até o ponto de queima adequado, também conhecido como curva de queima, neste momento surge o problema de diferença de temperatura entre a zona superior e a inferior da câmara de queima do forno.

De acordo com Berni et al (2010), as reações provocadas nas várias etapas do ciclo de queima constituem a base de conversões físicas e químicas em basicamente oito escalas crescentes de temperatura, ou seja, conforme a elevação da temperatura de queima, que se inicia em 100°C, com eliminação da água livre restante, até acima de 1000°C, onde os sílico-aluminatos que estão em forma vítrea começam a amolecer, assimilando as partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade, se estabelecendo assim as propriedades qualitativas do produto final, com características de dureza, estabilidade, resistência física e química.

Ao se fazer uma análise estrutural dos fornos abóboda e paulistinha, os quais são classificados como intermitentes, pois sua produção é feita por “bateladas” e não de forma contínua, como nos fornos tipo túnel, verificou-se elementos que fazem parte diretamente do sistema de queima, diagnosticando o motivo pelo qual a queima se realiza de forma ineficiente, causando perdas de produção e produtos de baixa qualidade.

A análise sobre os fornos abóboda e paulistinha se justifica em função de sua grande projeção de uso em meio as empresas de pequeno e médio porte na região estudada, considerando que todas as empresas utilizam esses modelos de fornos, sejam eles de uso exclusivo ou não. As informações aqui apresentadas se

respaldaram tanto em observações realizadas em chão de fábrica, como em inquirições junto aos empresários.

Também é importante colocar, que este processo, considerado tradicional, em função de suas características ainda rudimentares, é o segmento produtivo que abastece o setor da indústria civil local, em forte crescimento no Estado do Amazonas, contudo, em função das adversidades e limitações existentes no contexto produtivo da cerâmica estrutural tradicional e especificamente amazônico, torna-se cada vez mais necessário e justificável a implementação de mecanismos que possam auxiliar o desenvolvimento de produtos eco eficientes para a indústria, sobre os quais possam atuar os elementos indispensáveis à redução dos impactos ambientais negativos, assim como o uso racional dos recursos naturais.

### **3.5. Planejamento da pesquisa prática - Modelagem entrevista a expertos**

A pesquisa prática se refere as fases de compilação de dados e busca de informações junto a especialistas, bem como ao desenvolvimento de uma aplicação, seguindo os conceitos estabelecidos pelo modelo de design concorrente sugerido por Hernandis (2003). Desta forma se evidencia descritivamente as variáveis essenciais e informacionais do sistema em estudo, bem como do sistema proposto.

O desenvolvimento do instrumento de pesquisa a especialistas obedece a uma estrutura lógica, conforme sugerido por Dillman (1978, p. 12), que afirm: ... *“o processo de mandar um questionário a respondentes em potencial, conseguir que completem e devolvam o questionário de maneira honesta pode ser visto como caso especial de ‘troca social’ ”*. Sendo assim, o mesmo autor também coloca que há três fatores que devem ser considerados a fim de maximizar a qualidade das repostas (Dillman, 1978, p. 18). Estes fatores são:

Reduzir o custo de responder: a) fazendo com que a tarefa pareça breve; b) reduzindo esforços físico e mental requeridos; c) eliminando a possibilidade de embarços; d) eliminando qualquer implicação de subordinação; e) eliminando qualquer custo financeiro imediato.

Recompensar o respondente: a) demonstrando consideração; b) oferecendo apreciação verbal usando uma abordagem consultiva; c) apoiando seus valores; d) oferecendo recompensas concretas; e) tornando o instrumento interessante.

Estabelecer confiança: a) oferecendo um sinal de apreciação antecipadamente; b) identificando-se com uma instituição conhecida e legitimada; c) aproveitando outros relacionamentos de troca.

Ao se elaborar um questionário para uma pesquisa, devem ser consideradas as seguintes reflexões: qual o objetivo da pesquisa em termos dos conceitos a serem pesquisados e da população-alvo.

Utilizando-se como ponto de partida as considerações de Schuman & Kalton (1985), resumidas na Figura 17 esclarece a relação existente entre os elementos que constituem uma entrevista, apresenta-se na sequência seus objetivos, os conceitos derivados destes, bem como a identificação da população e da amostra. Também se apresentam os elementos técnicos da entrevista, como: a) Os itens da entrevista, representados pelas questões / perguntas do instrumento, constante no anexo A; b) O modo de administrar, representado pelo meio de difusão da entrevista (questionário online); c) Método de edição e codificação dos dados; d) Método de processamento dos dados e; e) Análise dos dados por meio de representação gráfica.

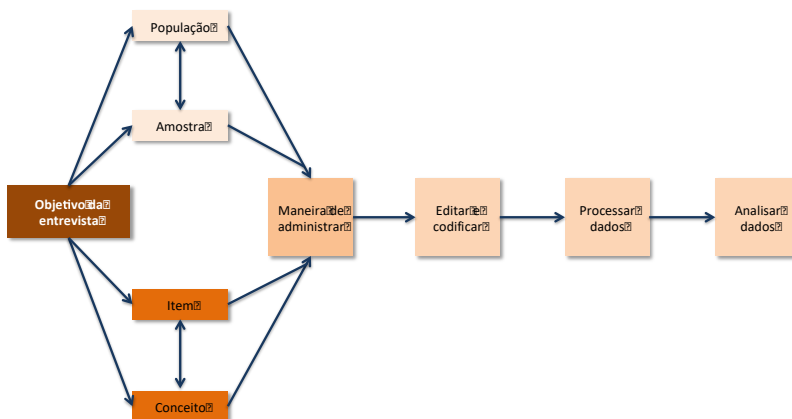


Figura 17: Arquitetura conceitual de uma entrevista.  
Adaptado de Schuman & Kalton (1985)

Para definir os objetivos da entrevista se tomou como referência os contextos tecnológicos, ambiental, ergonômico e cultural que envolvem o sistema estudado, que de acordo com Bertalanffy (1995), este pode ser um sistema definido como um conjunto de elementos que se relacionam entre si e com o ambiente, portanto, havendo contextos diferenciados e ao mesmo tempo integrados, sujeitos a sofrer interferências positivas e negativas, dependendo do modo como este é percebido e desenvolvido.

A formação dos itens das entrevistas, formatados por meio de questionários escritos e estudos indutivos sobre aspectos, percepções e pensamentos observados a partir dos estudos em pesquisa bibliográficas e exploratória.

A entrevista possuiu 4 (quatro) blocos conceituais, abordando os aspectos relacionados a pesquisa: 1) Aspecto tecnológico; 2) Aspecto Ergonômico; 3) Aspecto Ambiental; e 4) Aspecto Sócio/Cultural. Essa forma de coletar dados pode ser eficiente, já que envolve mais de um entrevistado por vez.

Considerando a hegemonia da área de conhecimentos dos expertos entrevistados, foram agrupados por blocos, os aspectos tecnológicos, ergonômicos e ambientais. O bloco de entrevista referente aos aspectos sócio culturais serão dirigidos diretamente aos empresários da zona estudada (polo oleiro de Iranduba).

### **3.6. Análise dos dados da entrevista com especialistas**

O processo de análise e interpretação dos dados desta pesquisa varia em função dos diferentes aspectos que estruturam a mesma, seguindo alguns passos, os quais estão descritos a seguir, de acordo com Carvalho e Vergara, 2002, que sugere uma sequência orientada a interpretação dos dados coletados

- (1) elaborar questões gerais que servirão como orientação para que se possa explorar o significado da experiência para os indivíduos estudados;
- (2) colher dados, por meio de observações e entrevistas com pessoas que experimentam ou experimentaram o fenômeno investigado;
- (3) agrupar os depoimentos em clusters de significados;



- 
- (4) reunir estas informações grupais em unidades maiores para que se possa ter uma descrição geral da experiência interativa;
  - (5) discutir como a análise assim estruturada pode ajudar a gerar uma melhor compreensão da essência do fenômeno.

Em se tratando de uma análise sobre o estudo de caso, a interpretação dos dados coletados, por meio de entrevista a expertises do setor da cerâmica industrial, se caracteriza por um esquema não rígido, considerando que os elementos envolvidos compõem blocos conceituais que visam gerar, por meio dos resultados, requisitos e parâmetros considerados essenciais a projeção do novo sistema de queima cerâmica, que por. Além disso, estes dados alimentaram o MDC (Modelo de Design Concorrente).

Considerando a hegemonia da área de conhecimentos dos expertos entrevistados, são agrupados por blocos os aspectos tecnológicos, ergonômicos, ambientais e sócio/culturais. O bloco de entrevista referente aos aspectos sócio culturais foram dirigidos diretamente aos empresários da zona estudada (polo oleiro de Iranduba).

Após a coleta dos dados, são analisadas as respostas, e teorias para a questão da pesquisa conforme sua codificação e uso de estatística descritiva,

- a) Codificação – Identificar temas, ideias e padrões nos dados.
- b) Estatísticas – Por se tratar de uma amostra não probabilística, lançou-se mão da técnica de análise de conteúdo por meio de estatística descritiva.

Conforme sugere (Carvalho & Vergara, 2002). A estatística descritiva tem como objetivo a descrição dos dados, sejam eles de uma amostra ou de uma população, podendo incluir:

- a) Verificação da representatividade ou da falta de dados;
- b) Ordenação dos dados;
- c) Compilação dos dados em tabela;
- d) Criação de gráficos com os dados;
- e) Calcular valores de sumário, tais como médias;
- f) Obter relações funcionais entre variáveis.

Após a coleta de informações por meio da enquete realizada, os dados obtidos foram analisados por meio codificação, que implica em identificar temas, ideias e padrões nos dados e estatísticas, através da estatística descritiva, a qual

simplesmente descreve o que os dados mostram e a estatística inferencial tenta formular conclusões além dos dados. Ainda de acordo com a teoria geral dos sistemas e utilizando os conceitos de G. B. Davis (1974), ao se fazer uma analogia com as características que conforma esta teoria, o sistema tradicional de queima de cerâmica vermelha se define como um produto de um sistema físico aberto, pois apresenta um conjunto de elementos que operam juntos para atingir um objetivo – tangível e material.

Ainda de acordo com a teoria geral dos sistemas e utilizando os conceitos de G. B. Davis (1974), ao se fazer uma analogia com as características que conforma esta teoria, o sistema tradicional de queima de cerâmica estrutural se define como um produto de um sistema físico aberto, pois apresenta um conjunto de elementos que operam juntos para atingir um objetivo - tangíveis, materiais (G. B. Davis, 1974).

O produto / forno de queima para cerâmica estrutural, considerado, por analogia um produto dos sistemas abertos é exportado para o meio ambiente, como artefato (produto físico). Pode-se conceber com estas propriedades uma visão, ou seja um arquétipo, dos sistemas como sendo um agregado que apresenta: ENTRADA (INPUT) – PROCESSAMENTO – SAÍDA (OUTPUT) e REALIMENTAÇÃO (FEEDBACK) voltados para um determinado objetivo.

Os objetivos que direcionam a pesquisa prática no que se refere a entrevista a especialistas, busca analisar por meio de uma estrutura de questionários virtuais, basicamente três objetivos principais, estando presente em todos os contextos, quais sejam eles: 1) Avaliar o que existe; 2) Levantar as necessidades e; 3) Validar as questões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo. A tabela 04 incorpora os aspectos referentes aos itens da enquete, que direcionaram os objetivos de cada questão.

As questões propostas para a entrevista abrangem os contextos evidenciados pelos conceitos acima expostos pela tabela. Desta forma o instrumento utilizado na entrevista se organiza de acordo com a relação existente entre a população e sua amostra que será definida em função de sua representatividade dentro do perfil científico que possui, ou seja, serão abordadas expertises das áreas que envolvem tecnologia cerâmica, ciencias ambientais, eficiencia energética, engenharia civil e

---

indústria oleira. A concepção preliminar que gerou os elementos conceituais, partem da utilização das técnicas analíticas, orientadas por Bonsiepe (1986) que tem como objetivo esclarecer a problemática projetual, colecionando e interpretando informações que são relevantes ao projeto. A aplicação deste método para esta pesquisa se restringiu as análises estrutural, funcional e morfológica, por meio do qual se reconheceu e compreendeu os tipos e números de componentes dos subsistemas envolvidos, bem como princípios de montagem, tipologia de união e estruturas de suporte. A análise funcional permitiu se avaliar as funções técnicas e físicas de cada subsistema, incluindo aspectos ergonômicos (macro análise) do ponto de vista da ergonomia ambiental. Com base em tais análises, as informações daí advindas compuseram a estrutura sub sistêmica absorvida pelo modelo de design concorrente (Hernandis 2003).

Mediante a avaliação dos processos de produção dos blocos cerâmicos, tomando como foco de pesquisa o processo de queima em fornos tradicionais e considerando as questões econômicas e sociais da região amazônica, a coleta e a organização de dados fornece um número de constructos de conhecimento que devem ser processados seguindo um modelo de orientação e estudo bem definidos.

Tabela 6: Organização do contexto investigativo da enquete realizada aos expertises.

<b>Contexto</b>	<b>Características/ Aspectos / Fatores incorporados aos itens / conceitos dos questionários</b>	<b>Objetivos comuns</b>
Tecnológico	1. Qualidade do produto final; 2. Critérios de produtividade; 3. Acessibilidade a tecnologia industrial cerâmica;	1. Avaliar o que existe; 2. Levantar as necessidades e; 3. Validar as questões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo.
Ambiental	4. Insumos madeireiros; 5. Poluição; 6. Desperdício de matéria prima;	4. Avaliar o que existe; 5. Levantar as necessidades e; 6. Validar as questões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo.
Ergonômico	7. Qualidade do ambiente de trabalho; 8. Desconforto térmico; 9. Riscos acidentais; 10. Disfunções de usabilidade.	7. Avaliar o que existe; 8. Levantar as necessidades e; 9. Validar as questões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo.
Cultural	11. Analisar a opinião dos empresários locais sobre a aceitação para novos conceitos tecnológicos; 12. Aspectos que envolvem gestão da qualidade.	10. Avaliar o que existe; 11. Levantar as necessidades e; 12. Validar as questões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo.

O modelo de design concorrente, baseado na teoria geral de sistemas, proposto por Hernandis (2003) para a criação de produtos inovadores, representado pela figura 18, centra-se na definição de todos componentes intervenientes no processo de design, para definir o produto. Com base em toda a informação recopilada, definem-se os aspectos formais, funcionais e ergonómicas do produto como subsistemas principais na formulação de atributos e na emissão de variáveis que circulam dentro de um sistema vivo para a formulação de uma solução (Paixão-Barradas, Pacheco, & Hernandis, 2012).

O uso de um modelo sistémico específico, como este, justifica-se pela possibilidade que nos oferece em poder examinar as variáveis necessárias para o design do produto, de maneira a dar vida, dinâmica e atualizar através da retroalimentação

das informações e conseqüentemente do feedback de todas as partes que compõem o modelo, nas quais as próprias variáveis se tornam nas responsáveis por analisar, comprovar e manter todo o sistema ativo e controlado (Pacheco, Hernandis, & Paixão-Barradas, 2012).

O modelo de design concorrente torna-se uma ferramenta de verdadeira importância, no que se refere a coleta de dados objetivos e concretos, facilitando a organização conceitual dos mesmos, analisando e trabalhando os aspectos funcionais, formais, ergonômicos.

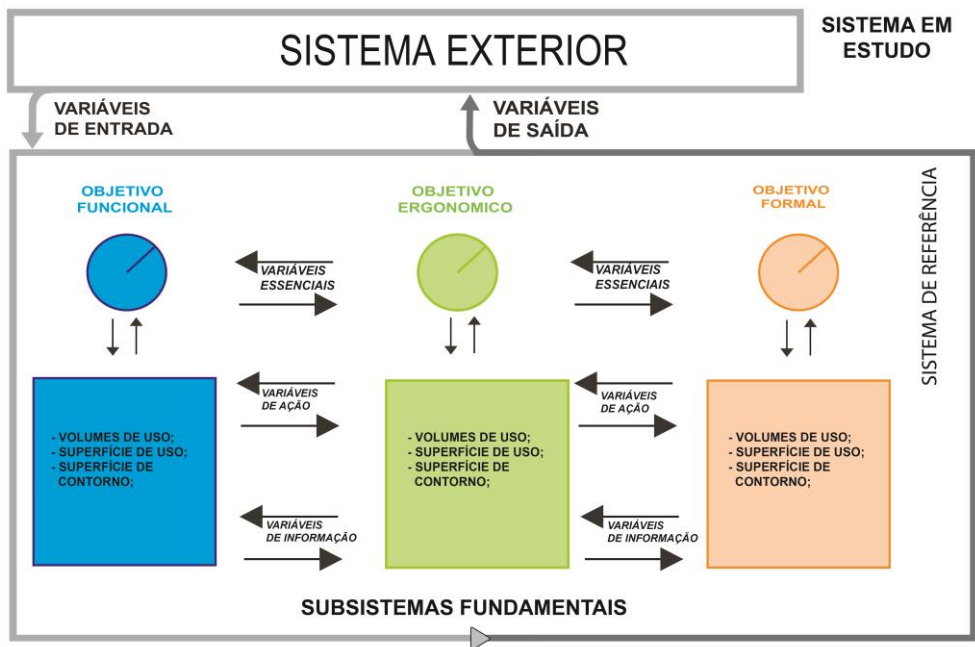


Figura 18: Modelo de Design Concorrente.  
Fonte: Adaptado de Hernandis (2003)

Em se tratando desta pesquisa os elementos essenciais deste sistema permitiram enxergar outros aspectos que se mesclam aos já padronizados, constituindo novas formas de olhar, identificando as variáveis necessárias para este processo e, corroborando com a afirmação de Swann, (2002), poder chegar a resultados com

um produto tangível, interativo, eficiente e processado por um sistema constante, que o analisa e o sintetiza de forma contínua.

No geral a estrutura deste modelo tem como objetivo determinar os vários fatores externos, que tendo uma composição diferente, possuem uma estrutura análoga, para os relacionar e os canalizar a uma mesma direção, a favor da criação de um produto. Neste sentido, o primeiro sistema de relações que encontramos é o Sistema Exterior, composto por vários subsistemas, na forma de fatores existentes no ambiente que afetam o sistema de estudo, nomeadamente, os fatores sociais, tecnológicos, produtivos e tradicionais, económicos, etc. Este sistema prevê especificamente as variáveis de entrada (VE) que determinam o funcionamento do sistema de estudo, propriamente dito. Além disso, o sistema de estudo é composto pelos objetivos Formais, Funcionais e Ergonómicos do produto, que se relacionam através das variáveis essenciais e que formam os subsistemas **Formais, Funcionais e Ergonómicos**, respectivamente. Entre cada um destes subsistemas, interatuam as diferentes variáveis de ação e de informação que estabelecem o vínculo e a interação. A partir dos subsistemas se estabelecem os volumes de uso, as superfícies de uso e os limites de contorno do produto, a partir das quais nasce o produto conceitual.

### **3.7. Análise gráfica descritiva do estudo de caso**

Os estudos que correspondem ao atendimento dos objetivos, no sentido da confirmação das hipóteses, possuem um embasamento sistémico, considerando que as variáveis que delimitam os problemas da pesquisa estão inter-relacionadas e obedecem a um funcionamento coordenado entre os fatores que as influenciam. As melhorias do sistema estudado, desenvolvidas a partir a utilização dos requisitos projetuais, foram viáveis, considerando as limitações de implementação, dada as características geográficas, ambientais e económicas da região.

O entendimento sobre o processo de queima em forno tradicional de olaria, foi iniciado a partir de análises teórico e práticas, constituído de observações, registros e entrevistas sobre os aspectos produtivos, estruturais, tecnológicos e ambientais dos fornos abóboda e paulistinha. O que os diferencia dos demais fornos mais

modernos, é que estes são classificados como intermitentes, pois sua produção é feita por “bateladas” e não de forma contínua, como nos fornos tipo túnel.

Todas estas etapas podem ser observadas no quadro 08, que apresenta as técnicas analíticas, orientadas por Bonsiepe (1986). Contudo a aplicação deste método para esta pesquisa se restringiu apenas a análise do produto com relação ao uso, análise estrutural, funcional e morfológica, que podem ser compreendidas pelas linhas em destaque na tabela 8. As demais etapas do desenvolvimento projetual estão incorporadas ao método de design concorrente (Hernandis 2003) e geração de ideias utilizando métodos de analogia por característica (Roozenburg e Eekels 1995), seguidos de técnicas de modelagem virtual em 3D com uso de simulações para validar a proposta.

**Tabela 7:** Etapas de análise do desenvolvimento Projetual.

<b>Etapas de Análise</b>	<b>Característica</b>
<b>Análise Diacrônica</b>	É a coletânea de material histórico para demonstrar a evolução e as mutações sofridas por um determinado produto no transcurso do tempo.
<b>Análise do produto com relação ao uso</b>	Detecta os pontos negativos e criticáveis. Sugere-se a utilização de registros fotográficos como técnica de documentação para localizar detalhes problemas, em caso de redesign de um produto.
<b>Análise Sincrônica</b>	Busca reconhecer o universo do produto em questão para evitar reinvenções. A comparação e a crítica dos produtos requer a formulação de critérios comuns. Convém incluir informações sobre preços, materiais e processos de fabricação.
<b>Análise Estrutural</b>	Reconhece e compreende os tipos e o número dos componentes, dos subsistemas, princípios de montagem, tipologia de uniões e tipo de carcaça de um produto.
<b>Análise Funcional</b>	Serve para reconhecer e compreender as características de uso de um produto, incluindo aspectos ergonômicos (macro análise), e as funções técnico-físicas de cada componente ou subsistema do produto (microanálise).
<b>Análise Morfológica</b>	Serve para reconhecer e compreender a estrutura formal (concepção formal) de um produto, sua composição, partindo de elementos geométricos e suas transições (encontros). Incluindo também informações sobre acabamento cromático e tratamento das superfícies.
<b>Lista de Verificação</b>	Organizar de forma exaustiva as informações sobre os atributos de um produto, servindo para detectar deficiências de informações a serem superadas.

FONTE: Adaptado de BONSIEPE (1986 P. 34-47)

A figura 19 apresenta uma descrição infográfica da sistemática utilizada para a pesquisa descritiva exploratória, cujo entendimento, se baseia em algumas etapas organizadas pelas técnicas analíticas sugerida por Bonsiepe (1986).

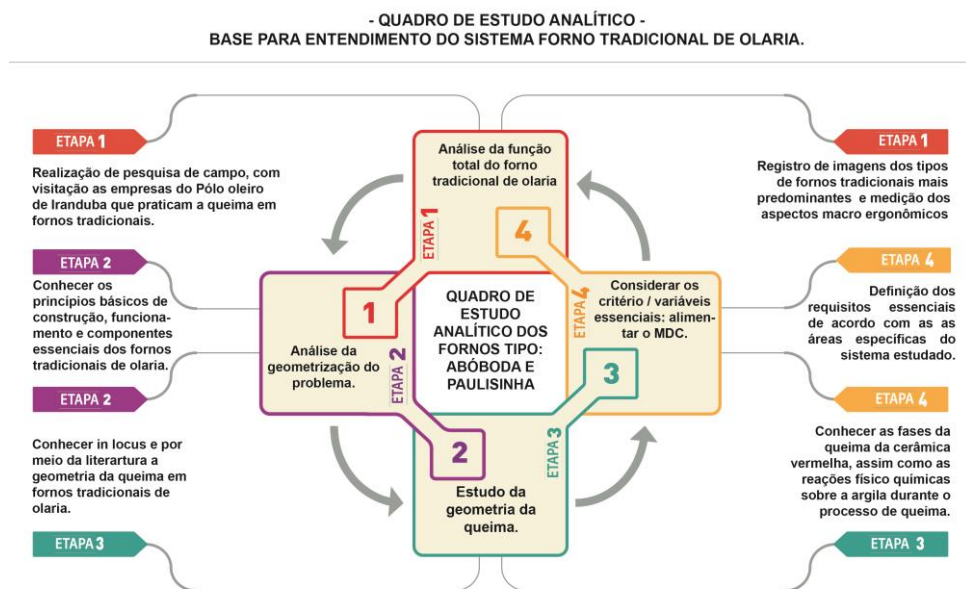


Figura 19: Infográfico da pesquisa descritiva exploratória.

Este infográfico permite o entendimento da implementação dos métodos utilizados na etapa de análise sistêmica desta pesquisa, cuja sequência se verifica em uma leitura no sentido anti-horário. A partir desta análise se iniciou as etapas de desenvolvimento conceitual explicado no item 3.8 seguintes.

### 3.8. Desenvolvimento do conceito preliminar

A modelagem do conceito, diz respeito a realização de combinações dos princípios entre os sistemas adaptados, objetivando alcançar uma adaptação morfológica entre os sistemas. Estas combinações foram executadas por meio da técnica de



---

analogia por característica e semelhança de princípios, adequando-se elementos e materiais que se aproximassem da configuração necessária para desenvolvimento do protótipo, que posteriormente passou para simulação em software e assim poder validar os resultados conforme o grau de cumprimento dos objetivos.

**Analogia sistêmica:** Segundo Baxter (2000) esta técnica representa uma das maneiras de se utilizar o pensamento criativo, pois sugerem a exploração de novas funções, configurações e aplicações para um determinado sistema. São considerados dois fundamentos para tal analogia, quais sejam: a) a essência do problema e b) o elemento ativo ou associado. Esta técnica possibilita descobrir como um problema semelhante pode ser resolvido em outro contexto, seja por proximidade, semelhança, contraste e causa-efeito, propondo a transferência de características de um objeto para outro objeto diferente, mantendo algumas propriedades em comum.

A partir deste conceito se elabora uma matriz morfológica, que organiza as ideias associadas em função dos critérios preestabelecidos, permitindo assim a geração de ideias. Com base na ideia elaborada, iniciou-se uma série de modelagens e testes com simulação, utilizando software NX versão 11 Siemens PLM Software. Todas as análises encontram-se descritas no capítulo quatro, cujo detalhamento pode ser verificado nos anexos.

### 3.9. Projeto de experimento utilizando 2<sup>k</sup> fatorial

Um projeto de experimento adequado permite obter o máximo de informação com uma quantidade menor de experimentos Jain (1991). Após uma análise preliminar, foram selecionados 3 fatores que podem afetar a resposta do sistema, mais precisamente a quantidade consumida do material combustível: poder calorífico, design do sistema/subsistemas, e vento soprado.

Para cada um desses fatores, foram estabelecidos dois valores possíveis (níveis) que podem ser assumidos em um experimento real. Os níveis foram selecionados após uma consulta a experts na área. Essa combinação de fatores e níveis possibilitou um projeto de experimento 2<sup>k</sup> fatorial, o que implica, neste caso, em 2<sup>3</sup>=8 combinações possíveis de níveis, ou ainda o equivalente a 8 processos de queima no mundo real.

Por questões econômicas e de viabilidade científica, optou-se pela utilização de um modelo de simulação digital para analisar a importância de cada fator selecionado sobre a resposta de interesse. A simulação nos oferece total controle sobre os experimentos, a replicabilidade e teste de alternativas de maneira bastante flexível. Inicialmente, criamos uma tabela de sinais mostrada na figura abaixo. Os fatores e respostas do sistema foram associados aos seguintes símbolos:

A: Poder calorífico

B: Conceito de design

C: Vento soprado

Y: consumo de material comburento

AB, AC, BC, ABC: possíveis combinações dos fatores.

Esta classe de projeto de experimentos nos permite classificar a influência de cada fator na resposta do sistema. Estes elementos descritos acima, definidos como Conceito de Design, denominados Alpha e Beta, são resultantes de várias modelagens, com o intuito de se obter a eficiência básica de adaptação tecnológica, a partir da fusão dos sistemas de queima tradicional e queima adiabática, ou seja, buscou-se obter o cumprimento da temperatura estabelecida padrão em função do tempo, também estabelecido como padrão. A compilação destas modelagens encontra-se no ANEXO.

Todas as variáveis referentes ao processo de queima dos tijolos, que podem ser controladas/alteradas e que tenham um efeito sobre as variáveis de resposta foram listadas a partir da revisão bibliográfica. Dessa lista, foram selecionadas as duas mais citadas, como resultado da pesquisa com experts.

A hipótese principal, eleita como meta para direcionar esta pesquisa, é que o design influencia o desempenho do sistema de queima do forno, sendo assim tornou-se necessário quantificar qual o grau de importância dessa influência.

O capítulo quatro apresenta de modo descritivo e analítico todos os resultados obtidos em cada etapa da pesquisa, de acordo com a abordagem metodológica sugerida. As etapas foram analisadas a partir de seu desenvolvimento.

---

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **4.1. Introdução - Resultados e discussões**

Os objetivos que caracterizaram a obtenção dos resultados desta pesquisa se dividem basicamente em dois aspectos: a) aspecto descritivo exploratório, envolvendo investigação de cunho teórico e qualitativo, considerando que os dados levantados não são quantificáveis, sendo analisados de forma indutiva e cuja importância se verifica por meio das interpretações; e b) aspecto experimental, cujo resultado se obteve por meio de técnicas metodicamente orientadas, cuja base de constructos, resultou do aspecto a.

#### **4.2. Análise descritiva da pesquisa exploratória e experimental**

A aplicação dos procedimentos técnicos desta pesquisa se posiciona com a utilização de análises estrutural, funcional e morfológica (BONSIEPE, 1986), por meio do qual se reconheceu e compreendeu os tipos e funções dos componentes dos subsistemas envolvidos, bem como princípios de montagem, tipologia de união e estruturas de suporte.

A análise funcional possibilitou a descrição do sistema em estudo, considerando as funções técnicas e físicas de cada subsistema que processam a queima dos tijolos em fornos tradicionais, incluindo aspectos ergonômicos (macro análise) do ponto de vista da ergonomia ambiental.

Com base em tais análises, as informações daí advindas compuseram estudos de estrutura sub sistêmica absorvida pelo modelo de design concorrente proposto por Hernandis (2003), que correspondem ao atendimento dos objetivos, no sentido da confirmação das hipóteses. Desta forma, possui um embasamento sistêmico, considerando que as variáveis que delimitam os problemas da pesquisa estão inter-relacionadas e obedecem a um funcionamento coordenado entre os fatores que as influenciam. As melhorias do sistema estudado, desenvolvidas a partir a utilização dos requisitos do projeto.

Foram coletados e analisados dados por meio de entrevistas a especialistas, análise do estudo de caso em campo e pesquisa bibliográfica acerca dos procesos de

---

queima em fornos de olaria tradicionais existentes na região estudada, facilitando não só a construção da pesquisa, assim como o entendimento dos elementos que fundamentam a justificativa motivadora deste estudo. Após a coleta de dados, foram avaliadas as variáveis, bem como os requisitos e parâmetros para o esboço de uma proposta que viabilizasse as melhorias e, portanto, um projeto que respondesse aos objetivos traçados.

Os resultados da pesquisa foram documentados e divulgados de acordo com a implementação dos mesmos, sendo analisados a partir das respostas obtidas em cada etapa, tornando-se necessário avaliar, por um lado, se as soluções obtidas foram inovadoras e atenderam aos requisitos e parâmetros pré-estabelecidos, e por outro, as consequências ambientalmente impactantes das mesmas. Sendo assim deve se considerar a determinação dos aspectos do processo de queima que envolvem as características de cunho ambiental, técnico / produtivo e econômico, sobre os quais se entende a tríade do desenvolvimento sustentável.

#### **4.3. Análise das entrevistas**

Em se tratando desta pesquisa lançou-se mão da ordenação dos dados obtidos por meio da entrevista a expertises, sendo representados por gráficos com os dados, obtendo-se relações funcionais entre as variáveis. A partir das análises foram obtidas estimativas que transcrevem alguns parâmetros essenciais para o desenvolvimento do novo sistema.

O universo estudado, seleção e tamanho da amostra investiga um grupo de especialistas e empresários locais, que pelo critério de tipicidade faz parte do contexto investigado. Foram selecionadas 18 expertises das áreas de tecnologia cerâmica, ciências ambientais, ergonomia industrial, materiais industriais, engenharia civil e engenharia de produção, assim como 8 empresários de pequeno e médio porte do Polo Oleiro de Iranduba. O tipo de amostra dentro do espaço amostral definido se caracteriza como não-probabilística, ou seja, selecionada pelos critérios de acessibilidade e tipicidade.

A entrevista foi organizada em 4 (quatro) blocos conceituais, abordando os aspectos relacionados a pesquisa, cujo formulário, com todos os itens, encontra-se em anexo.

- 1) Aspecto tecnológico;
- 2) Aspecto Ergonômico;
- 3) Aspecto Ambiental; e
- 4) Aspecto Sócio/Cultural.

Sobre os aspectos tecnológicos da produção cerâmica foram identificadas características com foco na queima, envolvendo o sistema exterior, abordado pelo MDC (Modelo de Design Concurente), por Hernandis 2003. Além disso, se buscou consolidar informações técnicas sobre a tipologia dos fornos tradicionais analisados, assim como as características da necessidade de inovação em função da acessibilidade tecnológica para esses sistemas, em função de uma melhoria sobre a qualidade final do produto ou do processo produtivo.

Cada gráfico possui em sua representação, o eixo vertical, que corresponde as questões colocadas e no eixo horizontal suas respectivas valorações e quantidade de respondentes por valoração.

A primeira questão apresentada aos especialistas detectou o nível de aceitação dos sistemas tradicionais de queima cerâmica, que ainda fazem uso de combustíveis lenhosos, cuja representação se observa pelo gráfico 3. Os resultados da entrevista apresentados pelo gráfico apontam que estes sistemas ainda são indispensáveis para o abastecimento da cadeia produtiva, considerando que grande parte dos produtores de tijolos e telhas, dentro do âmbito nacional, ainda fazem uso destes sistemas por questões de viabilidade técnica e sobretudo econômica. Isso fortalece a ideia desenvolvida por esta pesquisa, que é tornar mais eco eficiente o sistema tradicional da queima cerâmica.

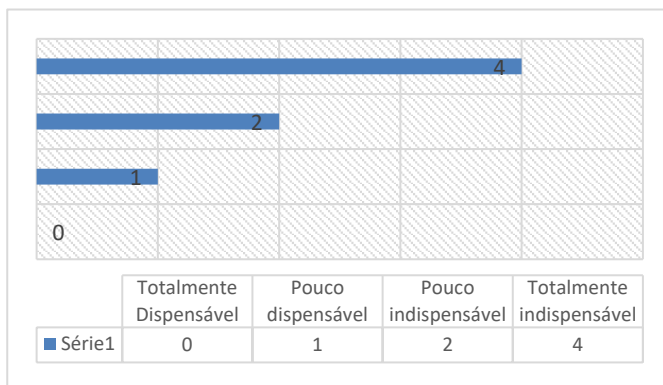


Gráfico 3: Questão 01 sobre a importância do sistema para o abastecimento da cadeia produtiva.

A questão 02 verificou dentre os especialistas, qual seria o percentual aproximado da participação dos fornos que fazem uso da queima tradicional no contexto da produção de cerâmica vermelha a nível nacional. Foram citados como exemplos os fornos Abóboda e Paulistinha. Modelos que ainda são predominantes nas empresas de pequeno e médio porte, na região estudada. Conforme o resultado desta pesquisa e corroborando com os dados apontados pela literatura consultada, estes fornos predominam no segmento da indústria cerâmica nacional. Desta forma pode se dizer que o desenvolvimento de um sistema de queima eco eficiente irá contribuir de forma significativa para o setor a nível nacional. O gráfico 4 apresenta o registro desta verificação.

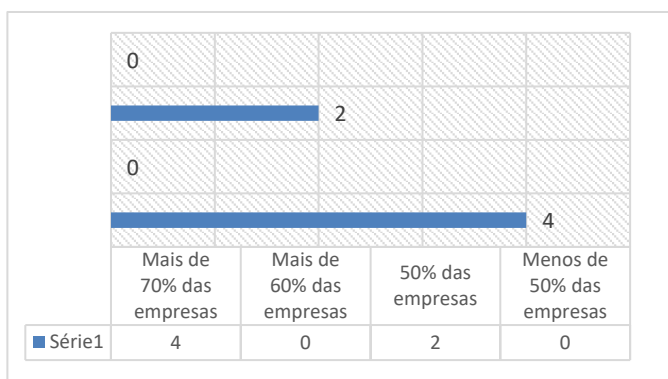


Gráfico 4: Questão 02 sobre a predominância do uso dos fornos tradicionais na indústria nacional brasileira.

### **O bloco de questões 03 - Aspectos que influenciam a falta de modernização das pequenas e médias empresas. Resultados apresentados pelo gráfico 5.**

Este bloco teve como objetivo, avaliar os aspectos culturais, a partir do foco da pesquisa, que estuda um dos elos mais críticos desta cadeia produtiva (sistema de queima.)

Considerando que a maioria das empresas de cerâmica vermelha do Estado do Amazonas se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos avanços da modernização tecnológica e ou administrativa, foi verificado dentre os entrevistados algumas razões pelas quais este fato ainda se justifica, sendo julgado por grau de influência elementos que contribuem e/ou explicam este status tecnológico.

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados concordam que a falta de acesso a tecnologias economicamente viáveis influencia muito essa realidade e que o atraso tecnológico é um reflexo das características do setor. Além disso, ao se verificar o resultado, observa-se, que os entrevistados possuem opiniões divergentes, no que diz respeito a falta de compromisso com as normas vigentes, por parte dos empresários e/ou não cobrança devida por parte dos setores públicos



responsáveis. Também pode se verificar que esta característica está vinculada responsabilidades, considerando que os agentes, tanto os empresários, como poder público possuem uma cota igualitária neste contexto.

A última questão deste bloco avalia se a falta de conhecimento, por parte dos empresários, em relação a outras e novas tecnologias também influenciaria para com a continuidade do atraso tecnológico nas pequenas e médias olarias da Amazônia Brasileira. Os resultados apontam uma influência significativa neste sentido, permitindo ressaltar que o direcionamento deste estudo para a realidade observada poderá suprir esta demanda de informação e acesso a novas tecnologias, tornando-se justificável o desenvolvimento de um novo sistema que proponha uma alternativa satisfatória.

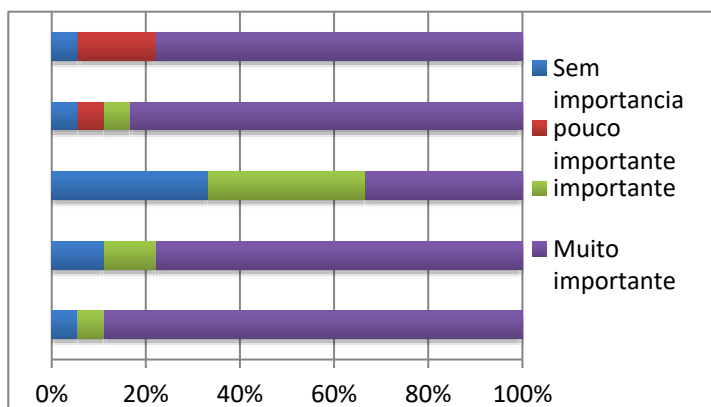


Gráfico 5: Bloco de questões 03 sobre aspectos culturais de influencia.

#### **O Bloco de questões 04 – Características estruturais e operacionais dos fornos “Abóboda” e “Paulistinha”. Resultados apresentados pelo gráfico 6.**

Este bloco de questões buscou identificar, dentre os especialistas, quais são as características estruturais e operacionais mais comuns e mais representativas, entre os modelos de fornos “abóboda” e “paulistinha”, que de acordo com Vasconcelos et al (2012) estes modelos de fornos fazem parte do contexto produtivo de quase todas as empresas do polo oleiro do Estado do Amazonas. Ao se avaliar a importância dos aspectos técnicos de implantação destes sistemas de cocção, tomando como base os fornos “abóboda” e “paulistinha”, verifica-se que o aspecto,

simplicidade técnica de implantação é um item de forte importância, fornecendo a pesquisa um requisito significativo para o desenvolvimento do novo sistema de queima.

A partir da avaliação do grau de importância dos aspectos estruturais e operacionais dos fornos “abóboda” e “paulistinha”, comparando-os com outros modelos também de uso tradicional e ainda muito utilizados por pequenas e médias olarias, como por exemplo o forno de caieira, a pesquisa aponta que os aspectos estruturais e operacionais dos fornos abóboda e paulistinha são de fácil operação em relação aos demais de uso tradicional. Considerando o resultado desta questão e traçando um comparativo com outras fontes, os aspectos estruturais e operacionais tornam-se também requisitos essenciais a serem vislumbrados nos critérios de forma, função e ergonomia no design do novo sistema de queima.

A importância dos fatores de investimento financeiro, considerando a viabilidade econômica para os pequenos e médios produtores, no que tange os fatores técnicos de implantação e operacionalização de tais sistemas, possuem uma relação direta com os aspectos que condicionam o investimento em novos sistemas de queima, significando que este item também representa um dos critérios a serem considerados no desenvolvimento do novo sistema de queima.

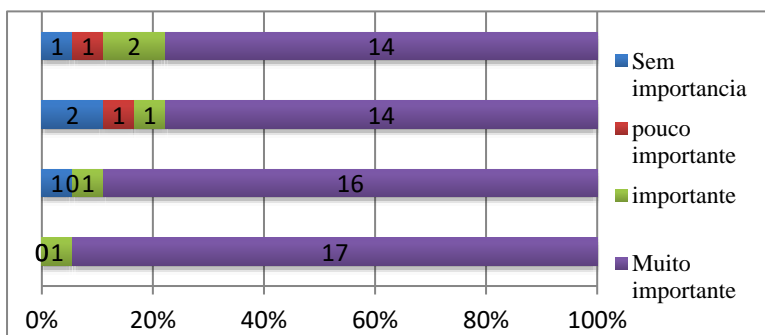


Gráfico 6: Bloco de questões 04 características estruturais e operacionais dos fornos pesquisados (Abóboda e Paulistinha)

**O bloco 05 de questões – Relação da qualidade final dos blocos cerâmicos produzidos em sistemas de queima tradicional com os subsistemas integrantes. Resultados apresentados pelo gráfico 7.**

Este bloco analisa a relação da qualidade final dos blocos cerâmicos, produzidos pelos fornos de cocção tradicional, com os subsistemas que integram estes sistemas de queima e sua composição estrutural. Considerando que a perda produtiva possa ser uma resultante desta relação, este bloco de questões avalia os possíveis fatores de influência sobre a perda produtiva

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados atribuíram com os níveis de muito importante e importantes, alguns fatores que influenciam sobre a qualidade final dos blocos cerâmicos, quais sejam eles: a) a curva de queima; b) o modo do empilhamento da carga na câmara de cocção; c) a regulagem e alinhamento dos queimadores; d) a disposição dos queimadores; e) a relação sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores; f) o poder calorífico dos materiais combustíveis; g) a distribuição homogênea do calor durante o processo de queima e; g) o isolamento das paredes dos fornos.

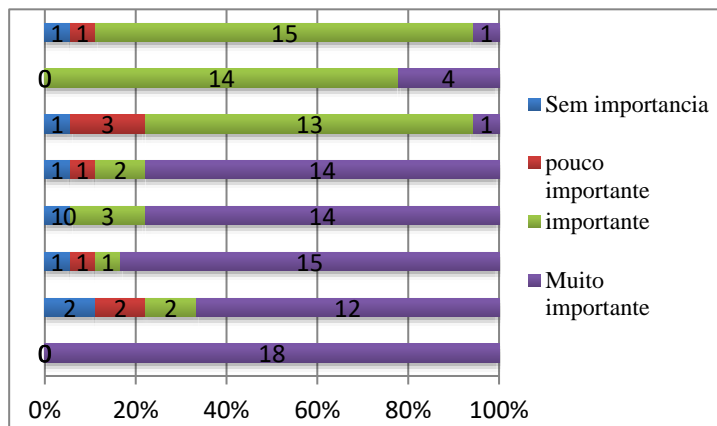


Gráfico 7: Bloco de questões 05, aponta a relação da qualidade do produto final em função do sistema tradicional de queima

**O bloco 06 de questões – Relação dos aspectos tecnológicos dos fornos de uso de combustíveis madeireiros e otimização para ganhos produtivos e ambientais. Resultados apresentados pelo gráfico 8.**

Este bloco aborda os aspectos tecnológicos da produção dos fornos que fazem uso de combustíveis madeireiros, considerando os parâmetros ideais de otimização da produção em termos de ganhos produtivos e ambientais, avaliando por grau de importância as seguintes questões: a) a queima eficiente que promova redução de insumos madeireiros, da lenha ou outro material combustível; b) a redução de perdas produtivas em função da melhoria do processo de queima; c) a redução de resíduos e poluentes; d) a melhoria do produto final, a partir da melhoria do processo.

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados atribuíram valores de significativa importância para todos os itens, que representam alguns parâmetros ideais de otimização da produção, considerando os ganhos produtivos e ambientais. Esta pesquisa avaliou alguns aspectos ambientais da produção, que envolvem a utilização de insumos madeireiros, bem como o desperdício dos mesmos. Esta avaliação teve foco na queima cerâmica, envolvendo os aspectos ambientais do sistema exterior, abordado pelo MDC (Modelo de Design Concurente), por Hernandis 2003.

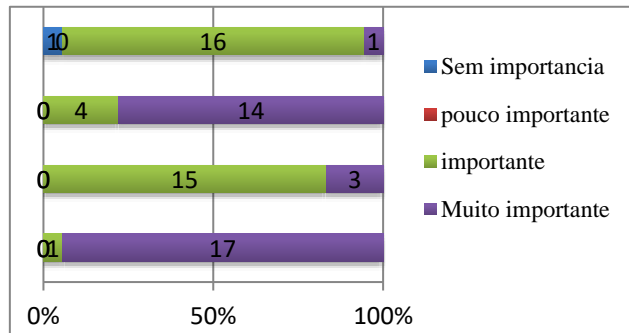


Gráfico 8: Bloco de questões 06, apresenta o parecer sobre os aspectos tecnológicos dos fornos tradicionais.

**O bloco 07 de questões – Causas dos impactos econômicos negativos em decorrência do uso dos sistemas tradicionais de queima. Resultados apresentados pelo gráfico 9.**

Este bloco de questões verifica, por grau de importância, quais seriam as principais causas dos impactos econômicos negativos para os pequenos e médios produtores de cerâmica, em decorrência dos aspectos que envolvem ou que resultam do sistema da queima cerâmica. Avaliando por grau de importância alguns parâmetros, foram julgados pelos entrevistados com significativa importância os seguintes itens: a) os gastos excessivos com insumos energéticos; b) as perdas nas vendas por conta da baixa qualidade dos produtos finais; c) a carência de mão obra qualificada e; c) a ausência de um padrão técnico / operacional mais eficiente.

Os resultados, apontados pelo gráfico, indicam que os parâmetros que foram julgados como itens de significativa importância, influenciam diretamente a proposta do novo conceito do forno, direcionando os critérios relativos a função de eficiência e qualidade do processo.

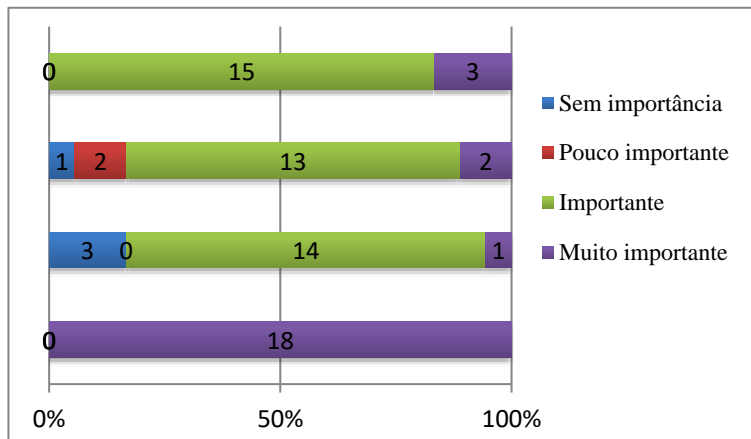


Gráfico 9: Bloco de questões 07. Parâmetros de influência sobre os aspectos de eficiência.

**O bloco 08 de questões – Relação da eficiência produtiva e energética com a forma e função dos fornos “Abóboda” e “Paulistinha”. Resultados apresentados pelo gráfico 10.**

Este bloco de questões analisa a arquitetura dos fornos “Abóboda” e “Paulistinha”, indagando aos especialistas se existe uma relação entre forma e função que possa influenciar nos aspectos relativos a eficiência produtiva (consumo energético e qualidade produtiva relativamente), solicitando que sejam avaliadas por grau de importância os seguintes parâmetros: a) o grau de importância de uma nova estrutura arquitetônica para a câmara de cocção que possibilite a melhoria da eficiência produtiva; b) o grau de importância de uma melhor disposição e /ou redistribuição dos subsistemas conectados a câmara de cocção cerâmica; c) o grau de importância da interlocução entre as questões (a) e (b).

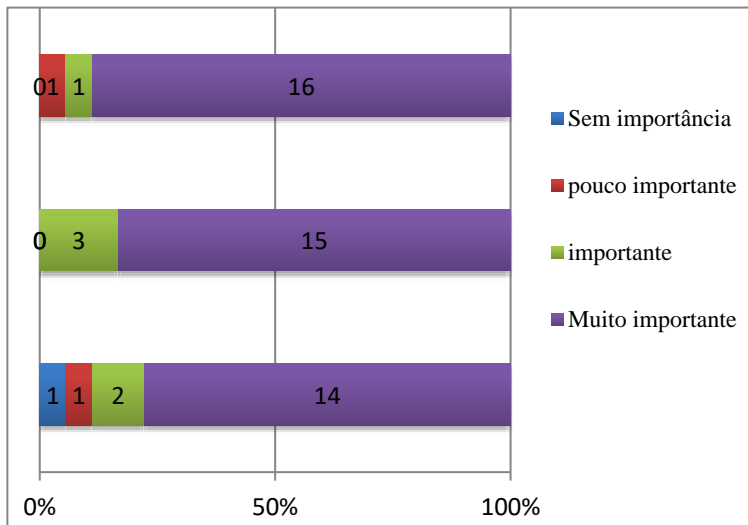


Gráfico 10: Bloco de questões 08, Relação de influência entre eficiência produtiva, forma e função dos fornos Abóboda e Paulistinha

### O bloco 09 de questões - Relação entre os parâmetros constitutivos, formais e funcionais. Resultados apresentados pelo gráfico 11.

Este bloco de questões identifica os graus de importância de alguns parâmetros constitutivos, formais e funcionais necessários a uma adaptação tecnológica, que incorporam a nova proposta do forno para queima de cerâmica vermelha.

Os entrevistados avaliaram alguns itens que favorecem uma adaptação tecnológica em fornos tradicionais de cerâmica vermelha, tais como: a) o grau de importância de uma construção simples em função de sua forma; b) o grau de importância da viabilidade técnica, que mantenha basicamente os mesmos materiais constitutivos e técnicas construtivas já utilizadas na construção dos fornos tradicionais; c) o grau de importância da viabilidade econômica na implantação de um novo sistema de queima cerâmica para as PIMES; d) o grau de importância da adaptabilidade combustível para os sistemas de cocção de cerâmica vermelha e; e) o grau de importância da interlocução entre as questões (a), (b), (c) e (d).

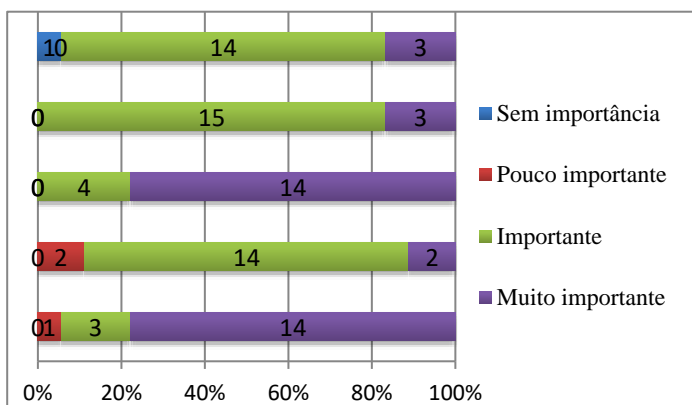


Gráfico 11: Bloco de questões 09, Relação do grau de influência de alguns parâmetros necessários a nova proposta.



**O bloco 10 / 1 de questões, analisa o contexto macro ergonômico do ambiente de trabalho do forneiro. Resultados apresentados pelo gráfico 12.**

Os atributos macro ergonômicos da produção, foram identificados por meio de algumas características, com foco na queima, envolvendo os aspectos do ambiente de trabalho e sua influência sobre o operador do sistema de queima. Além disso, foram detectados alguns aspectos que relacionam a tipologia dos fornos tradicionais utilizados, como disfunções e riscos acidentais sofridos pelo executor da tarefa destes sistemas.

Os entrevistados avaliaram por grau de importância as seguintes questões: a) o grau de importância da exposição ao calor proveniente do processo de queima sofrido pelo operador do sistema; b) o grau de importância dos riscos acidentais, aos quais está exposto o operador do sistema; c) o grau de importância da pouca iluminação durante a execução da tarefa do forneiro; d) o grau de importância do ruído para com o desempenho do operador do forno; e) o grau de importância dos agentes químicos, resultantes das características ambientais locais, as quais estão expostos os operadores do sistema de queima e; f) o grau de importância da umidade resultante das características ambientais locais, as quais estão expostos os operadores do sistema de queima.

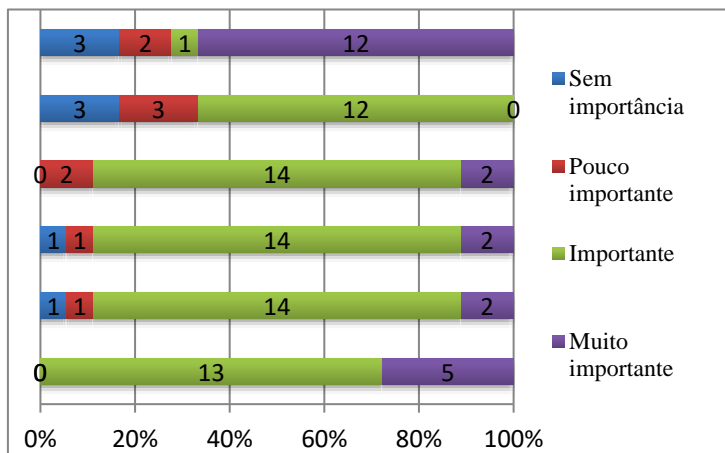


Gráfico 12: Bloco de questões 10/1. Contexto macro ergonômico do ambiente de trabalho do operador de fornos tradicionais

#### **4.4. Análise gráfica descritiva**

A partir dos dados coletados verificou-se que os fornos Abóboda e Paulistinha, se caracterizam por baixas produções, elevado consumo de combustível e de mão de obra. São fornos, cuja temperatura de queima produzida não é uniforme em toda a câmara, de modo que se observam diferentes graus de queima do material, em função da localização da peça durante o processo de queima. Normalmente são construídos por câmaras circulares ou retangulares, paredes e com teto em forma de abóbada, todos constituídos com tijolos de alvenaria comuns.

Com base em levantamento fotográfico, observações sistemáticas, realizadas em chão de fábrica, bem como pesquisa observacional e pesquisas bibliográficas de cunho técnico / científico relacionadas ao setor produtivo cerâmico, foram analisados os fornos abóboda e paulistinha. Nestes tipos de fornos a tiragem dos gases provenientes da combustão é feita no piso, através da depressão causada por um exaustor ou uma chaminé. Os gases quentes presentes na parte superior do forno são sugados de cima para baixo, passando pelo interior da carga.

De posse de tais análises, algumas observações são apresentadas de forma resumida nas figuras 3 e 4, que apresentam esquematicamente o sistema estudado. De posse destes esquemas, foram organizadas as informações técnicas descritivas de cada forno estudado, compiladas nos quadros 1 e 2, que correspondem a uma análise resumida da estrutura física e funcional dos fornos abóboda e paulistinha consecutivamente. A identificação dos subsistemas, bem como suas funções dentro da geometria de queima, permitiu o entendimento sobre a categorização dos elementos indispensáveis de análise. Esta análise subsidiou a base de considerações funcionais, formais e ergonômicas, compiladas e modeladas pelo sistema de design concorrente (HERNANDIS 2003).

Após realizar as análises estruturais e funcionais dos sistemas tradicionais de cocção para cerâmica vermelha, especificamente falando, os fornos abóboda e paulistinha, conforme apresentam a figuras 20. Estes dois modelos foram analisados, partindo do contexto de similaridade, em relação as suas características técnicas produtivas, além serem os fornos mais utilizados pelas pequenas e médias

olarias, constituindo um perfil de preferência dentre os fabricantes de cerâmica vermelha.

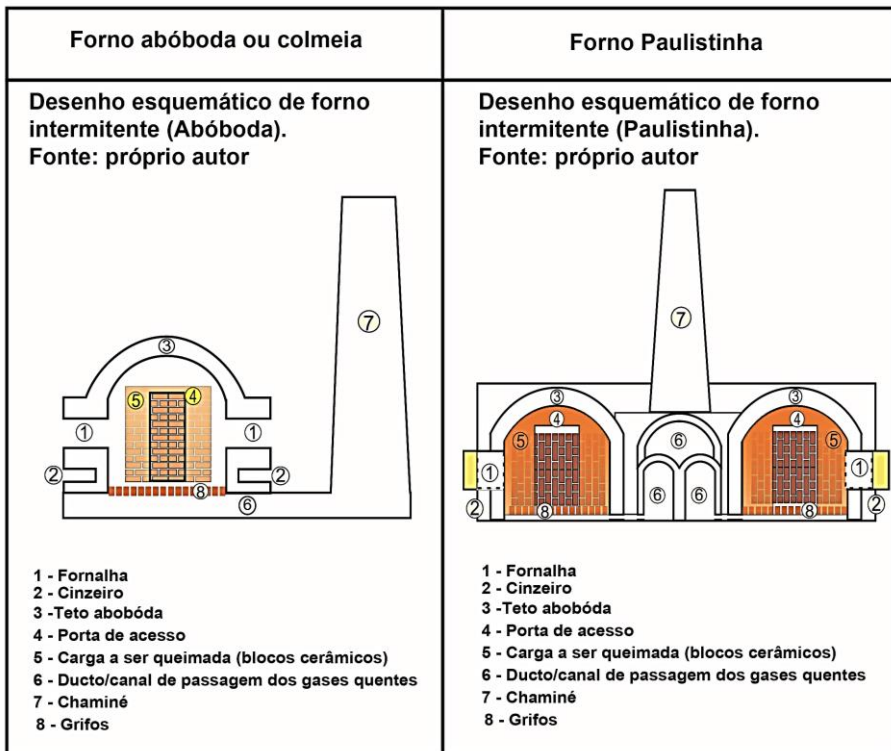


Figura 20: Desenho esquemático dos fornos abóboda e paulistinha

A partir destas análises, foram extraídas algumas características vantajosas e desvantajosas, considerando os aspectos atuais de produção tradicional de cerâmica vermelha dentro do perfil tecnológico observado, apresentadas na figura 21 que também permite observar pontos incomuns positivos e negativos. Os pontos comuns positivos serão a base conceitual para a criação de um novo sistema de queima. Os pontos negativos comuns entre os sistemas serão convertidos em objetivos de melhoria, que por conversão se transformarão em critérios de projeto.

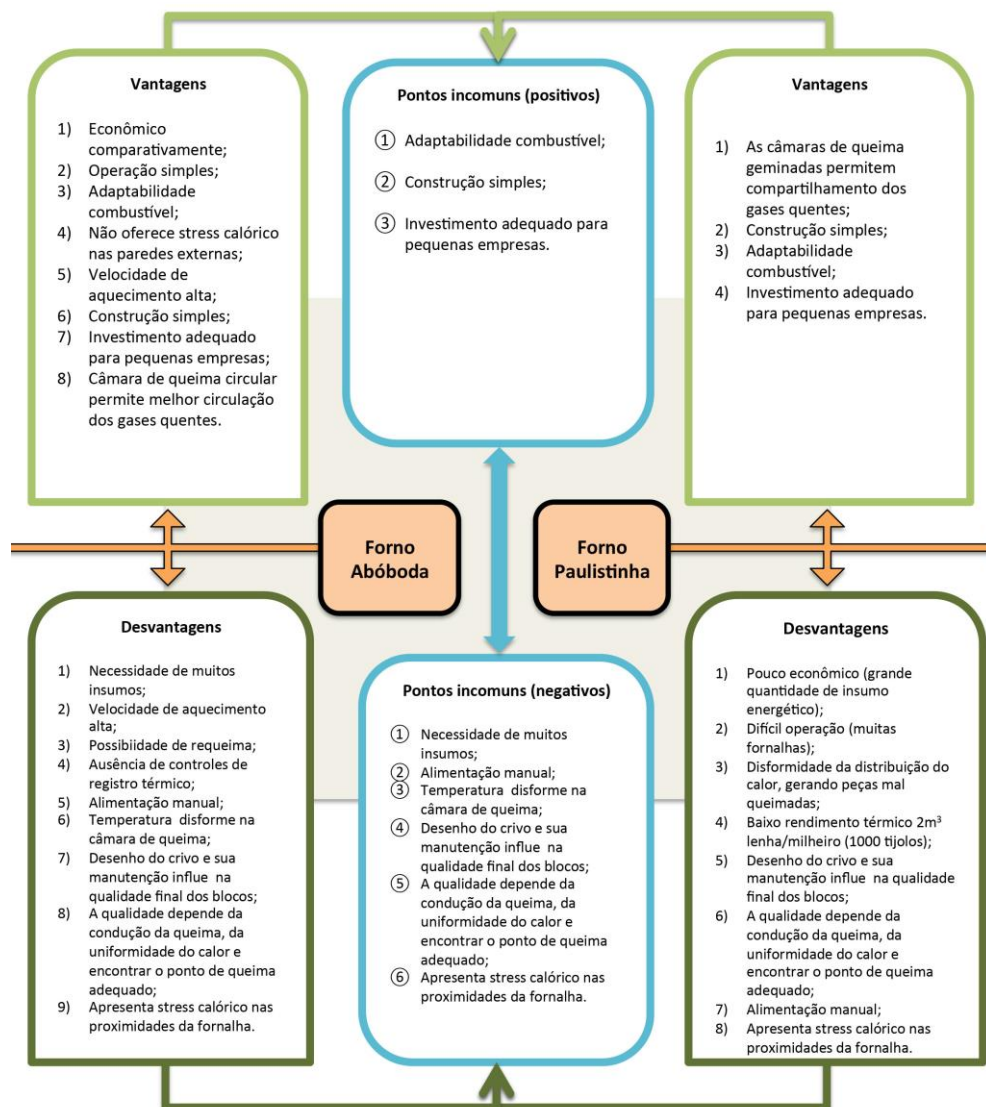


Figura 21: Caracterização técnica dos fornos Abóboda e Paulistinha.

---

Tomando como referência as definições de Briede e Hernandis (2011), as análises dos subsistemas e relações comuns entre os dois tipos de fornos estudados, demonstram como a partir da definição abstrata, inicial do projeto, elementos comuns podem ser definidos para uma representação maior de produtos, independentemente de suas características de forma. (BRIEDE e HERNANDIS, 2011).

Considerando que a representação completa e aplicada, do modelo de design concorrente sugerido por Hernandis (2003), tornar-se-ia ilegível neste documento, foram resumidas as definições do sistema exterior, objetivos e dos subsistemas formal, ergonômico e funcional, bem como suas relações com os aspectos sócio culturais, ambientais e tecnológicos, apresentando desta forma os conceitos técnicos do novo sistema de queima para cerâmica estrutural tradicional.

Seguindo a aplicação do modelo de Design concorrente, sugerido pelo autor supracitado, foram detectadas as definições do sistema exterior (SE1,2,3,4,), que refletem as relações que esta pesquisa possui com o meio onde esta inserida, sobre as quais se percebem, que as necessidades observadas interferem também sobre aspectos externos a produção. O sistema exterior é composto por cinco fatores, cujas relações dão subsídio técnico científico para se definir os objetivos da pesquisa.

SE1 - Aspectos técnicos e tecnológicos da produção de cerâmica vermelha (polo oleiro Iranduba - Manaus AM);

SE2 - Aspectos normativos da produção local;

SE3 - Aspectos de mercadológicos;

SE4 - Aspectos sociais e culturais da produção;

Após se detectar o sistema exterior, se extraem as variáveis de entrada, que possui respaldo sobre as necessidades observadas em chão de fábrica, bem como, baseados em estudos técnico científicos específicos, portanto, estas variáveis

tornam-se uma demanda de melhoria. Essas variáveis possuem relação direta com os elementos do sistema exterior citado em parágrafo anterior. Quais sejam elas:

- Variável de entrada 01 – Melhorar a produção ineficiente (SE1, SE4);
- Variável de entrada 02 - Inovar tecnologicamente o processo de queima (SE1, SE2);
- Variável de entrada 03 - Necessidade de utilização de grandes quantidades de insumos de energia (madeira, lenha e os resíduos industriais) (SE1, SE2, SE4).

#### **4.5. Aplicação do Modelo de Design Concorrente ao Estudo de Caso**

No geral a estrutura do modelo sugerido por Hernandis (2003), tem como objetivo analisar os vários fatores externos ao problema estudado, considerando as interfaces entre o que se está estudando e estes fatores.

Foi elaborado, especificamente para este estudo, um modelo de forma resumida, dividido em blocos, com os quais se pode verificar de modo detalhado, as variáveis e seus subsistemas respectivamente. Optou-se por esta representação visual, uma vez que a representação completa e aplicada do MDC tornar-se-ia ilegível nesta parte do documento.

Desta forma é apresentado por meio da figura 14 as definições do sistema exterior, objetivos e os subsistemas formal, ergonômico e funcional, bem como suas relações com os aspectos sócio culturais, ambientais e tecnológicos, apresentando desta forma os conceitos técnicos do novo sistema de queima para cerâmica estrutural tradicional.

Na sequência é apresentado por bloco de objetivos e respectivos subsistemas. A figura 14 representa a aplicação deste modelo, como método sistêmico aplicado ao estudo em questão. O Sistema Exterior, que compõe o levantamento primário de dados, a partir do qual é possível reconhecer e se familiarizar com o problema da pesquisa.

O levantamento de dados primários prevê, especificamente as variáveis de entrada (VE) que determinam as necessidades que o sistema estudado possui no sentido de melhorias para atingir o objetivo principal da pesquisa.

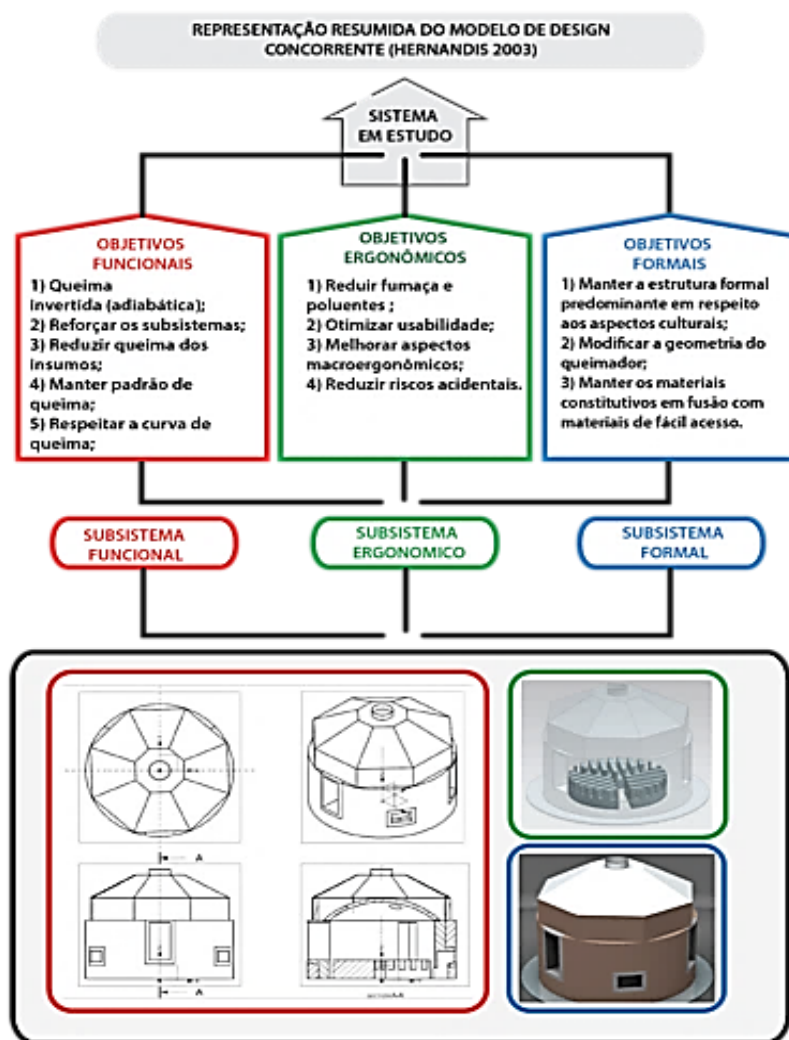


Figura 22: Representação resumida da aplicação do modelo de Design Concorrente.  
 Fonte: Adaptado de Hernandis 2003

As figuras 23,24 e 25 apresentam os subsistemas funcional, ergonômico e formal em combinação com seus objetivos. Entre cada um destes subsistemas, interatuam as diferentes variáveis de ação e de informação que estabelecem o vínculo, indispensáveis ao funcionamento do modelo. Os objetivos Formais, Funcionais e Ergonômicos do produto representam a conversão da problemática detectada por meio da análise do problema, em metas a serem alcançadas. Estas metas possuem VE - Variáveis Essenciais que se relacionam entre si, compondo também os subsistemas funcionais, ergonômicos e formais respectivamente.

Cada subsistema se caracterizam por considerar os volumes de uso, as superfícies de uso e os limites de contorno do produto, que são elementos delimitadores dos parâmetros do produto conceitual, retroalimentando o modelo e fornecendo assim os meios para se alcançar as metas do projeto. Os subsistemas funcional, ergonômico e formal foram estudados e desenvolvidos de acordo com as variáveis essenciais e informacionais, advindas dos principais requisitos e parâmetros, os quais foram definidos como indispensáveis.

A adaptação desenvolvida se trata de um sistema aberto e definido como um conjunto de elementos que se relacionam entre si e com o ambiente, havendo, portanto, contextos diferenciados e ao mesmo tempo integrados, sujeitos a sofrer interferências positivas e negativa.

A estrutura do sistema macro foi dividida em áreas de estudo, sendo elas: a) Área de queima de insumos madeireiros (fornalha); b) Área de difusão dos gases (base subterrânea e chaminé) e; c) Área de empilhamento dos tijolos (câmara, portas e teto), representadas e desenvolvidas de acordo com os aspectos de volume de uso, superfície de contorno e superfície de uso. A partir do cumprimento destes objetivos busca-se a redução do consumo de insumo madeireiro, assim como dos poluentes advindos do processo de queima e danos ambientais.

O objetivo funcional definido para este conceito sistémico, inclui essencialmente elementos chaves no que tange a adaptação tecnológica entre o forno tradicional de olaria, no qual a estrutura padrão se baseia no forno conhecido localmente como colmeia e o sistema de queima de combustível madeireiro de chama invertida (tipo adiabática), mantendo o padrão de queima dispensável ao sistema em estudo.



---

O objetivo ergonômico definido para este conceito sistêmico, inclui essencialmente aspectos que influenciam os aspectos de conforto ambiental, onde o sistema se insere. Por meio da adaptação tecnológica desenvolvida, esta adaptação contribui, por conseguinte, na redução de stress térmico, poluentes e deslocamento excessivo de carga, melhorando desta forma o rendimento humano durante a execução da tarefa de queima dos tijolos.

O objetivo formal, especificamente neste estudo, torna-se basicamente uma consequência dos objetivos anteriores, pois alguns elementos como a estrutura do forno colmeia, possui considerações de âmbito sócio/ cultural, os quais não puderam sofrer muita intervenção do ponto de vista da sua forma ou modo de utilização. As modificações formais realizadas dizem respeito aos subsistemas e acessórios que fazem a conexão entre a estrutura base (forma abobadada) e o sistema de queima limpa ou chama invertida. Ver figuras 15, 16 e 17, referente aos subsistemas funcional, ergonômico e formal, respectivamente em combinação com seus objetivos.

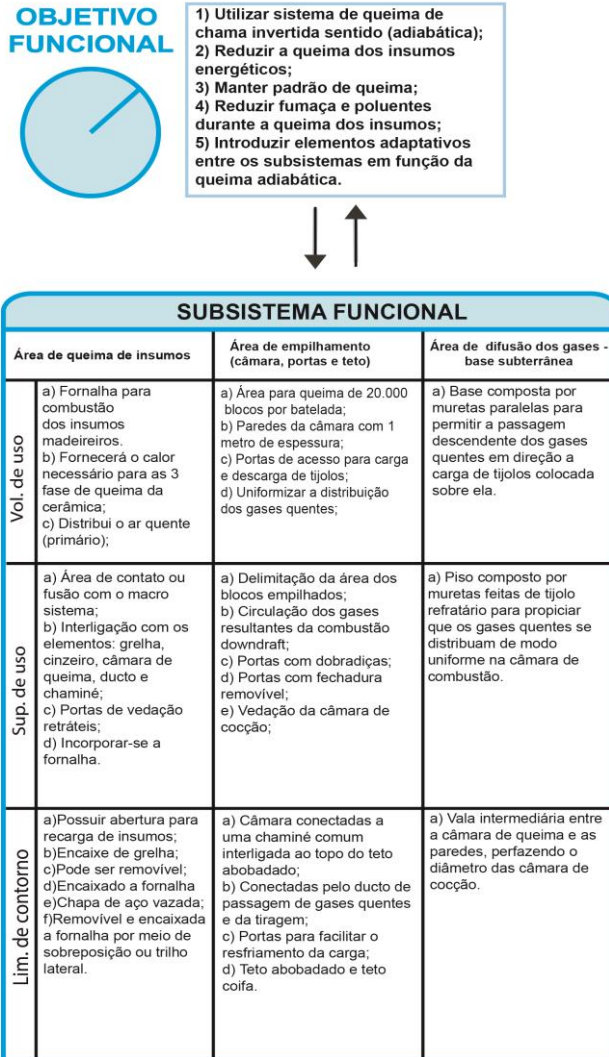


Figura 23: Relação entre objetivos e subsistemas funcionais

## OBJETIVO ERGONÔMICO



- 1) Melhorar os aspectos de conforto ambiental / Macro ergonomia;
- 2) Otimizar alguns elementos de acionamento do sistema;
- 3) Preparar os insumos energéticos para se adequar ao novo sistema de queima;
- 4) Melhorar o rendimento humano em relação a execução das tarefas (usabilidade).



SUBSISTEMA ERGONÔMICO			
	Área de queima de insumos	Área de empilhamento (câmara, portas e teto)	Área de difusão dos gases - base subterrânea
Vol. de uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Chapa vazada em aço refratário com orifícios ou trama e barras paralelas soldadas;</li> <li>b) Compartimento cúbico localizado abaixo da fornalha;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Empilhamento de carga na vertical;</li> <li>b) Paredes espessas para evitar stress calórico (parede externa de alvenaria e parede interna de tijolo refratário).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ductos como elemento longitudinal subterrâneo de base retangular construído em alvenaria refratária para transportar os gases quentes da combustão na fornalha.</li> </ul>
Sup. de uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Perpendicular as paredes da câmara de cocção dos tijolos;</li> <li>b) Evita o deslocamento de calor para o operador do sistema;</li> <li>c) Com conexão manual para adaptabilidade combustível;</li> <li>d) Conectado a fornalha por meio de encaixe removível ou trilho;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Furos circulares no teto abobadado, para permitir a fluência dos gases quentes;</li> <li>b) Portas para movimentação manual de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Os ductos possuem vedação para transportar os gases quentes até os canais entre as muretas, para evitar perda de calor;</li> <li>b) Permitir a efluência dos gases de baixo para cima;</li> <li>c) Distribuição térmica adiabática.</li> </ul>
Lim. de contorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Redução de stress calórico área próxima e externa ao forno;</li> <li>b) Sem exposição de chamas;</li> <li>c) Chapa vazada removível e encaixada a fornalha por meio de acionamento manual;</li> <li>e) Compartimento cubico com portinhola;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Conexão com os demais elementos;</li> <li>b) Isolamento térmico para área externa;</li> <li>c) Prolongamento suave superior da câmara de cocção sem arestas internas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Os ductos conectam a fornalha a base de muretas como um canal de transporte dos gases quentes, facilitando a fluência dos mesmos.</li> </ul>

Figura 24: Relação entre objetivos e subsistemas ergonômicos

**OBJETIVO FORMAL**



- 1) Manter a geometria macro do sistema (Forno aboboda);
- 2) Manter os materiais constitutivos;
- 3) Modificar a geometria do queimador das câmaras de cocção;
- 4) Adaptar uma grelha no queimador;
- 5) Realocar a chaminé para o centro.



SUBSISTEMA FORMAL			
	Área de queima de insumos	Área de empilhamento (câmara, portas e teto)	Área de difusão dos gases - base subterrânea
Vol. de uso	a) Volume da fomalha idealizada em função do tamanho da câmara de queima + - 1/3 do tamanho da área destinada a carga de tijolos ; b) Elemento vazado em forma de barras de aço cruzadas sobrepostas e soldadas ou com orifícios circulares perfurados na chapa;	a) Formato circular com teto abobadado; b) Diâmetro de 4 a 6m, por 3 m de largura, altura de 1,9 a 2,5m na parede lateral a 3,0-3,8m no topo da abóboda; c) Parede com 1 metro de espessura em alvenaria.	a) Elemento longitudinal subterrâneo interligando a fomalha aos canais de fluência dos gases.
Sup. de uso	a) Elemento cúbico fundido a câmara com conexão para a área interna da mesma; b) Portas de vedação retráteis; c) Unida por meio de encaixe e fomalha.	a) Composição estrutural circular com extensão para teto abobadado sem arestas internas; b) Abrange a extensão da câmara de queima erguida sobre as paredes circulares;	a) Elemento longitudinal de base retangular; b) Valas (canais) na base da estrutura; c) Muretas em tijolo sólido refratário 9,5 x 15x 23.
Lim. de contorno	a) Elemento cúbico vazado frontalmente com aberturas inferiores; b) Com chapa plana vazada, aberturas circulares ou retangulares.	a) Elemento conectado a todos os demais elementos do sistemas com exceção do cinzeiro; b) Conecta-se diretamente a câmara de queima e a chaminé.	a) Intermediário que conecta os elementos: fomalha, câmara, base subterrânea e chaminé; b) Se conecta inferiormente as laterais das paredes da camâra, perfazendo todo o perímetro interno do forno.

Figura 25: Relação entre objetivos e subsistemas formais

São apresentadas na figura 26 as variáveis essenciais do MDC aplicado, assim como, as tabelas 9, 10 e 11 apresentam as relações destas variáveis entre si, que são responsáveis por monitorar o grau de cumprimento dos objetivos. Neste caso, estas variáveis foram constatadas por meio de um indicador de desempenho ambiental, previsto sobre a análise de KW/h consumido por unidade de tijolo produzido, que se propôs a redução do consumo de insumos madeireiros, comprovado por meio de simulação em software NX. Portanto, existe uma relação direta entre as variáveis e o indicador de desempenho ambiental, onde um responde ao outro respectivamente.

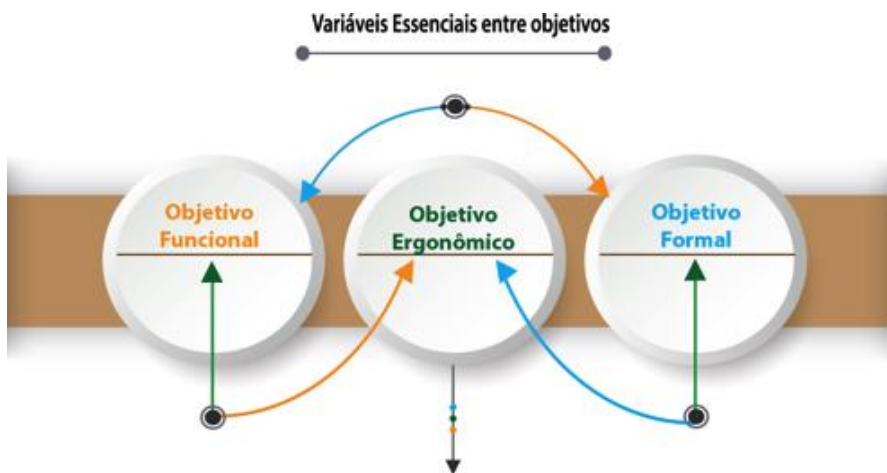


Figura 26: Variáveis essenciais entre os objetivos Funcionais, Ergonômicos e Formais

Tabela 8: Relação entre as variáveis essenciais Função para Ergonomia e Ergonomia para Função

<b>VESS: Função / Ergonomia</b>	<b>VESS: Ergonomia / Função</b>
Utilização de técnicas construtivas básicas - conhecida pelos técnicos locais; Utilização de materiais e acessórios de fácil aquisição; Cumprir com o patamar da queima necessária até 900 °C aproximadamente.	Queima eficiente do material combustível (insumos madeireiros), transferindo mais conforto ambiental e redução de poluentes nocivos a saúde.

Tabela 9: Relação entre as variáveis essenciais Ergonomia para Forma e Forma para Ergonomia.

<b>VESS: Ergonomia / Forma</b>	<b>VESS: Forma / Ergonomia</b>
Simplicidade operacional – Sem muita diferenciação do habitual; Regulagem sob demanda de temperatura nos abastecimentos das fornalhas.	Adequação da quantidade de tijolos em função do potencial do espaço interno da câmara de queima; Redução de danos a saúde do operador; Melhoria do padrão técnico operacional (preparação antecipada do material combustível).

Tabela 10: Relação entre as variáveis essenciais Forma para Função e Função para Forma.

<b>VESS: Forma / Função</b>	<b>VESS: Função / Forma</b>
Estrutura física adequada em função do forno tradicional de referência (Forno tipo colmeia/ abóboda).	Disposição e quantidade de fornalhas em função da melhor distribuição do calor e posterior resfriamento.

#### 4.6. Requisitos e parâmetros do projeto.

De posse das observações e compilação dos dados acerca do ambiente e influencias que se relacionam com este sistema, foram obtidos, por meio de critérios relativos aos aspectos dos sistemas de queima adaptados (Forno colmeia para

cerâmica vermelha e sistema de queima adiabática), aspectos que contextualizam o novo sistema, uma categorização de requisitos e parâmetros projetuais, de acordo com critérios funcionais, volumétricos e de usabilidade de produto. Os requisitos e parâmetros do projeto se dividem em quatro categorias. Estas categorias estão de acordo com os critérios de análise utilizados na fase de levantamento de dados e entrevista a expertises, quais sejam: i) tecnológicos (Tabela 12); ii) ergonômicos (Tabela 13); iii) ambientais (Tabela 14) e; iv) sócio / culturais (Tabela 15).

**Tabela 11: Tabela dos requisitos e parâmetros tecnológicos do projeto.**

Requisitos Tecnológicos de projeto	Parâmetros tecnológicos de projeto
<p>Utilizar sistema de queima que possibilite queima eficiente dos insumos, gerando redução dos mesmos;</p> <p>Manter padrão de queima da carga;</p> <p>Modificar a geometria do queimador;</p> <p>O modo do empilhamento da carga na câmara de cocção deve ser planejado, considerando melhor aproveitamento da temperatura;</p> <p>A regulagem e alinhamento dos queimadores devem ser consideradas essenciais;</p> <p>A disposição espacial dos queimadores deve ser considerada em função da distribuição homogênea dos gases quentes durante o processo de queima;</p> <p>Deve haver uma relação funcional e sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores;</p> <p>Deve ser contemplado o isolamento das paredes dos fornos.</p> <p>Deve haver uma relação funcional e sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores;</p> <p>Deve haver uma otimização espacial e geométrica entre os subsistemas que operam conjuntamente com os queimadores e câmara de cocção.</p>	<p>Fazer adaptação do sistema de queima adiabática;</p> <p>Otimizar os aspectos técnicos em função do processo de queima adiabática;</p> <p>Modo do empilhamento da carga na câmara de cocção deve ser realizado, considerando melhor aproveitamento da temperatura, fazendo uso do método de empilhamento em xadrez (checkerwork) ou em camadas longas (benches), conforme sugerido por Fonseca (1997) apud F. H. Norton (1973), de maneira que permita a circulação dos gases, para se obter uma máxima regularidade da temperatura e do calor. Uma colocação em demasiadamente aberta ou separada permite que os gases passem com certa facilidade, o que não é aconselhável;</p> <p>A regulagem e alinhamento dos queimadores devem ser consideradas essenciais, respeitando o método de alimentação das fornalhas, conforme a técnica de queima adiabática e o controle da curva de queima;</p> <p>A disposição espacial dos queimadores deve ser considerada em função da distribuição homogênea dos gases quentes durante o processo de queima;</p>

Tabela 12: Tabela dos requisitos e parâmetros ergonômicos do projeto.

<b>Requisitos Ergonômicos de projeto</b>	<b>Parâmetros ergonômicos de projeto</b>
<p>Melhorar aspectos macro ergonômicos (conforto ambiental); Melhorar a manipulação da carga antes e depois da queima; Adaptar e ou melhorar os elementos de acionamento dos sistemas; Reduzir a exposição do trabalhador aos agentes nocivos do processo de queima; Reduzir calor transferido ao meio externo por meio da queima eficiente do combustível madeireiro.</p>	<p>O novo sistema de queima deve oferecer as condições devidas para que o operador do forno não se exponha ao calor emanado dos queimadores de combustível, não entre em contato com poluentes, como fumaça, agentes químicos e não se exponha a riscos acidentais durante o processo de abastecimento das fornalhas; Deve haver a inserção de um sistema de coleta de cinzas proveniente da queima para facilitar a manutenção e limpeza; A adaptação do processo de queima adiabática promove a queima da chama em sentido invertido, evitando que o operador do sistema entre em contato com as chamas; O sistema de tiragem (chaminé) promoverá tanto o direcionamento do fluxo dos gases quentes para a área interna da câmara, quanto o direcionamento da fumaça ocasionada pela queima.</p>

Tabela 13: Tabela dos requisitos e parâmetros ambientais do projeto.

<b>Requisitos Ambientais de projeto</b>	<b>Parâmetros Ambientais de projeto</b>
<p>Minimizar o uso de combustível madeireiro; Reduzir fumaça e poluentes provenientes da queima.</p>	<p>Deve haver uma adaptação entre o processo de queima tradicional em forno Colmeia / abóboda e a queima adiabática, proporcionando eficiência da queima dos insumos, o qual consecutivamente irá minimizar o consumo de insumos madeireiros; Redução de poluentes em consequência da utilização de um sistema de queima mais eficiente.</p>



Tabela 14: Tabela dos requisitos e parâmetros sócio/culturais do projeto.

<b>Requisitos Sócio / Culturais de projeto</b>	<b>Parâmetros Sócio / Culturais de projeto</b>
<p>Manter a geometria predominante do forno abóboda;</p> <p>Manter os materiais constitutivos comumente utilizados na construção de fornos tradicionais na região estudada;</p> <p>Quebrar paradigmas do retardo tecnológico das pequenas e médias olarias;</p> <p>Motivar e viabilizar o acesso a tecnologias economicamente viáveis;</p> <p>Motivar o compromisso com o meio ambiente.</p>	<p>Deve haver uma interlocução estrutural que relacione os parâmetros constitutivos, formais e funcionais, considerando simplicidade da forma, utilização de materiais de fácil aquisição no mercado local e utilização de técnicas construtivas já conhecidas na construção dos fornos tradicionais;</p> <p>O novo sistema deve ser versátil do ponto de vista da adaptabilidade combustível;</p> <p>A formatação do novo sistema de queima deve atender aos requisitos funcionais e operacionais, representando uma adequação do item viabilidade técnica e viabilidade econômica.</p>

A partir da definição dos requisitos e parâmetros do sistema, foi desenvolvido uma modelagem preliminar, onde se apresentam as resultantes da adaptação concebida.

#### **4.7. Desenvolvimento dos sistemas e subsistemas**

Para a execução desta modelagem preliminar, se lançou mão de um protocolo de desenvolvimento, onde se estabelecem as ferramentas projetuais que sistematizam o processo de materialização do conceito de um novo sistema de queima para cerâmica vermelha de base tradicional, o qual se fundamenta pela aplicação do MDC – Modelo de Design Concorrente.

##### **4.7.1. Apresentação das ideias por analogia sistêmica;**

O desenvolvimento da ideia inicial pode ser melhor compreendido por meio da figura 27, que explica os procedimentos técnicos, assim como a técnica de criatividade, utilizados para a criação dos princípios de solução do sistema de queima, resultante da adaptação proposta pelo objetivo desta pesquisa.

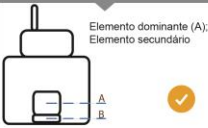
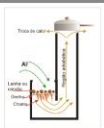

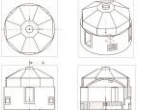
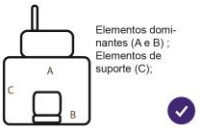


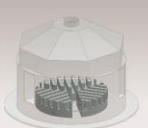
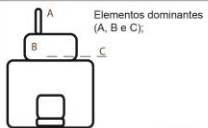


SUBSISTEMA POR ÁREA DE PROCESO	ELEMENTO ATIVO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	SOLUÇÃO CONCEITUAL PRIMÁRIA
<p><b>SUBSISTEMA 1</b> Área de queima de material combustível (insumo madeireiro).</p> <p>A) Fomalha (Caixa cúbica, grelha e portinhola); B) Cinzeiro.</p>	 <p>Elemento dominante (A); Elemento secundário</p>	 	
<p><b>SUBSISTEMA 2</b> Área de empilhamento da carga (batelada de tijolos).</p> <p>A) Câmara de cocção (área interna do forno); B) Base vazada (crivos); C) Elementos de suporte de processo (portas).</p>	 <p>Elementos dominantes (A e B); Elementos de suporte (C);</p>	 	
<p><b>SUBSISTEMA 3</b> Área de tiragem dos gases.</p> <p>A) Chaminé; B) Teto abobadado com sobreposição de um sistema de coifa; C) Furos circulares, conectando a câmara de queima e o sistema de coifa.</p>	 <p>Elementos dominantes (A, B e C);</p>	 <p>Sistema Coifa</p> <p>Furos no teto abobadado interligando-se a chaminé, para facilitar a fluência dos gases equilibradamente e possibilitar o aproveitamento dos gases.</p> <p>As setas indicam os vapores e fumaça</p>	

Figura 27: Painel de analogia sistêmica

#### 4.7.2. Desenvolvimento Procesual - Sistema e subsistemas

Ao identificar os objetivos desta pesquisa, se faz necessário resgatar os requisitos que norteiam os propósitos de adaptação tecnológica proposta para este estudo, os quais envolvem dois sistemas de características peculiares, o queimador ou câmara de combustão por processo *queima limpa / adiabática* e o forno tradicional de queima cerâmica, cuja estrutura, se tomou como base o modelo abobadado, uma vez que este estilo de forno é o mais utilizado dentre as pequenas e médias empresas do polo oleiro de Iranduba. Além disso, com base em entrevistas realizadas nas empresas consultadas, este tipo de forno não difere nada do forno Paulistinha em termos de tecnologia. Os sistemas adaptados passaram a possuir como direcionamento a relação entre a eficiência produtiva e o potencial térmico esperado.

Outras atividades estão inseridas no contexto do envoltório acional do sistema de queima, contudo para este propósito, se pretendeu delimitar a pesquisa ao seu

objetivo principal, que é a redução de insumo madeireiro no processo de cocção cerâmica.

A partir das análises descritivas do sistema de queima tradicional em forno tipo colmeia ou abóboda e considerando seus elementos principais, assim como apresenta a figura 28 sobre a geometrização do sistema de queima em forno abóboda em sua composição básica, se verifica, que em função da adaptação almejada, se tomou como princípio de solução a fusão entre a base do forno abobadado, fornalha do mesmo, sistema de tiragem e fluência dos gases.

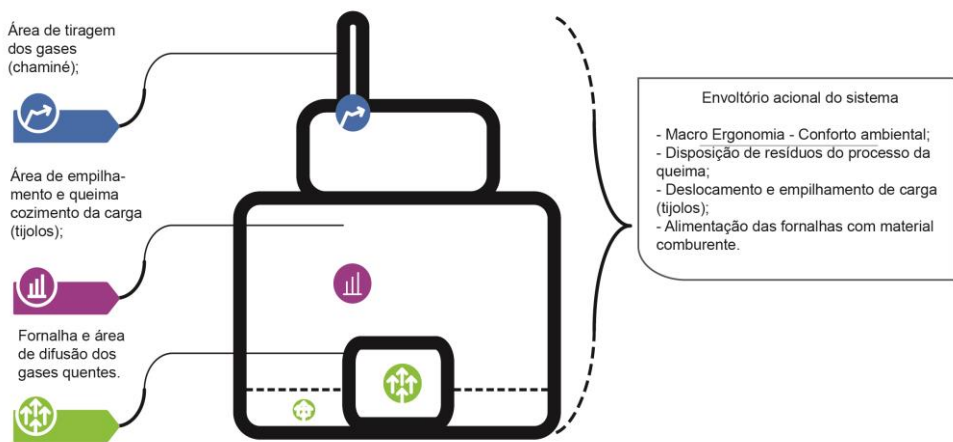


Figura 28: Geometria base do sistema de queima em forno abóboda.

A adaptação sistêmica desenvolvida, teve como uma de suas metas, alcançar o potencial térmico necessário correspondente as etapas da queima da cerâmica vermelha em fornos tradicionais. Estas etapas correspondem a 36 horas no total. Contudo, para o consumo combustível são necessárias 48 horas, conforme apresentado pela figura 29.

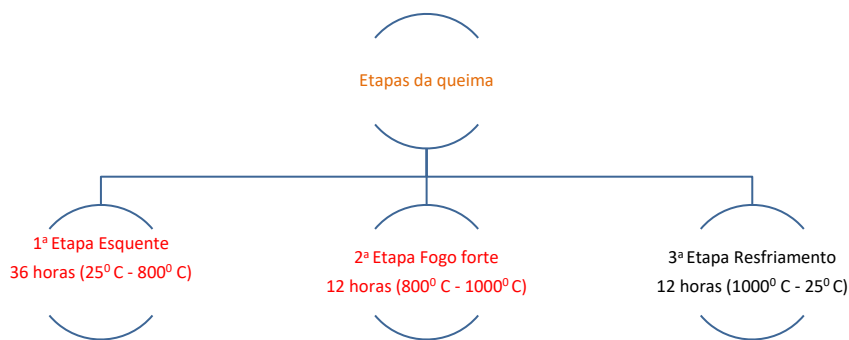


Figura 29: Representação das etapas da queima distribuída por tempo e temperaturas correspondentes.

Fonte: Adaptado de Berni et al (2010)

Esta distribuição do tempo de cocção dos tijolos em função da temperatura pode variar de acordo com o tipo de argila utilizada, poder calorífico do insumo combustível e condições ambientais, como temperatura ambiente e humidade relativa do ar. Para este estudo se tomou como parâmetro as informações coletadas em pesquisa de campo.

Através da figura 30 se verificam as funções principais do sistema de cocção, analisado por subsistemas. Estas funções foram utilizadas como parâmetro de análise morfológica, sobre as quais se implementou a adaptação tecnológica para redução de consumo de insumos madeireiros.



Figura 30: Estrutura funcional do equipamento por subsistema.  
Fonte: Adaptado de Scalice (2003)

#### 4.8. Modelagem do conceito eleito

As figuras 31 e 32 apresentam os primeiros conceitos gerados, considerando os critérios do projeto. Elas estão representadas em forma de croqui, servindo como base gráfica para se gerar a primeira modelagem em 3D. Esta opção segue a forma predominante do forno abóboda, muito difundido na região estudada. A justificativa para isso se dá em razão da viabilidade técnica produtiva já consolidada para a construção destes modelos, se justapondo ao respeito pelas questões e atributos culturais de produção. Os subsistemas desenvolvidos estão melhor definidos a partir dos conceitos modelados em 3D, cuja representação visual encontra-se anexada a este documento.

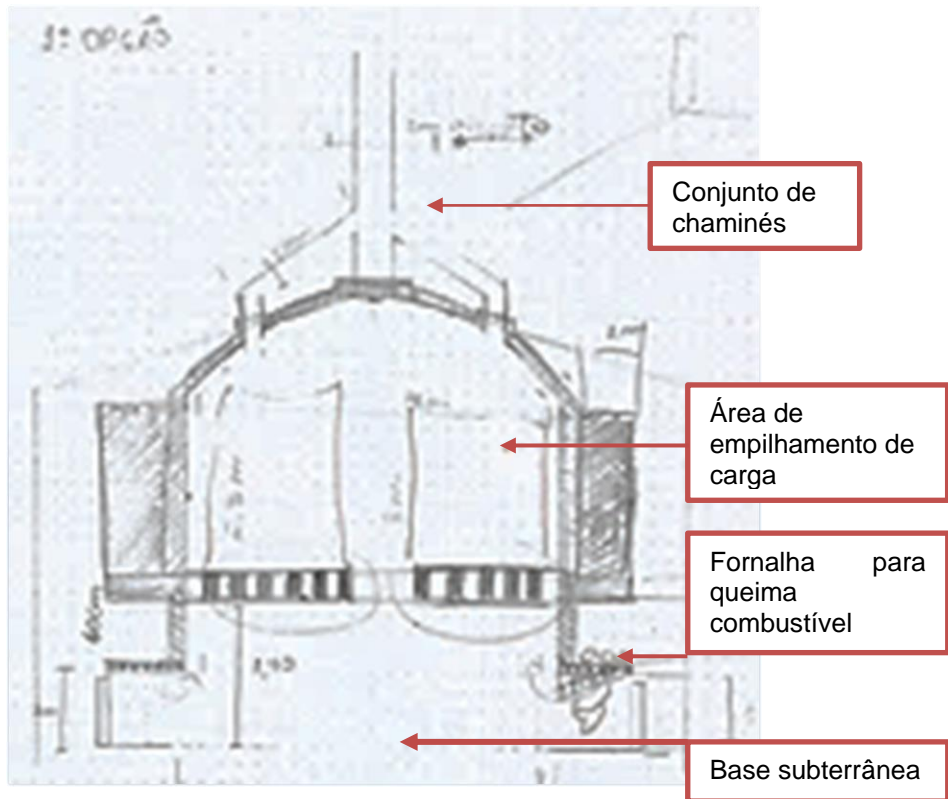


Figura 31: Croqui do conceito primário, gerado a partir dos critérios preestabelecidos.

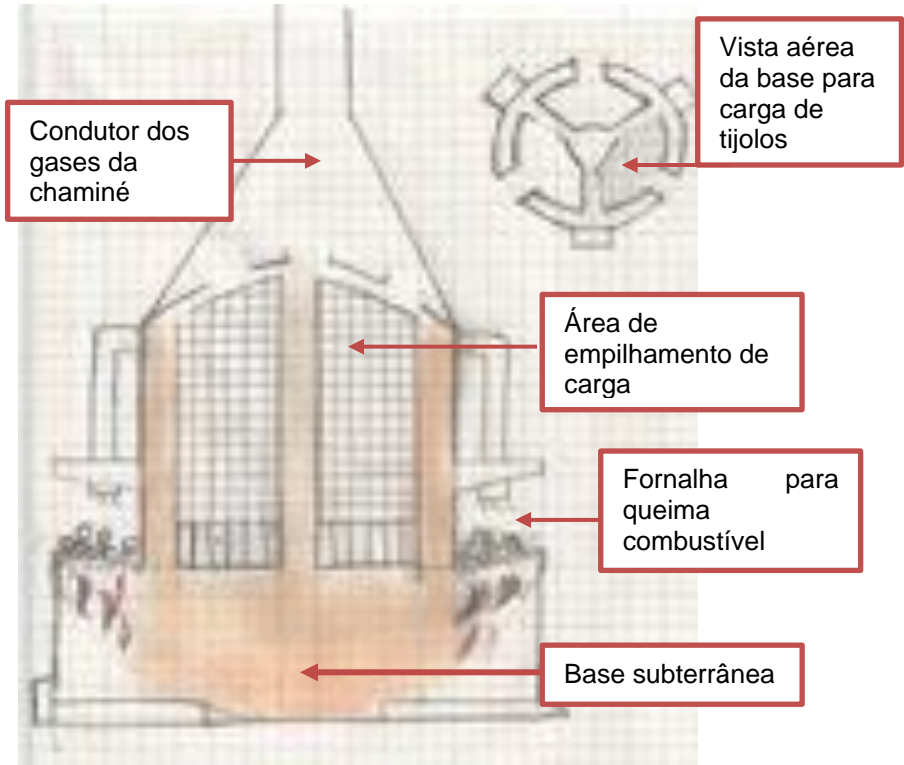
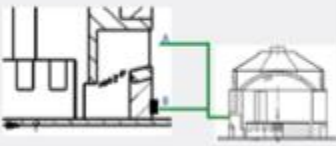





Figura 32: Croqui alternativo ao conceito primário, gerado a partir dos critérios preestabelecidos.

Com base no modelo conceitual gerado pelo MDC (Modelo de Design Concorrente) Hernandis (2003), desenvolveu-se uma matriz morfológica do equipamento, fazendo uso de técnicas projetuais sugerido por Rozenfeld et al (2006), assim como a analogia por característica de Roozenburg e Eekels (1995). Ver quadro 10.

SUBSISTEMA POR ÁREA DE PROCESSO	CONTEXTO DOS EQUIPAMENTOS / ACESSÓRIOS	CONTEXTO TECNOLÓGICO ADAPTADO
<p><b>SUBSISTEMA 1:</b></p> <p>Área de queima de material combustível (insumo madeireiro).                      A) Fornoalha (Caixa cúbica, grelha e portinhola);                      B) Cinzeiro, para reposição residual.</p>		<p>A adaptação tecnológica entre o sistema de queima de tijolos no modo tradicional (forno abóboda) um dos mais utilizado entre as pequenas e médias empresas do pólo oleiro de Iranduba e o sistema de combustão por queima limpa, denominado de combustão downdraft, que permite a queima dos insumos energéticos de modo mais eficiente.</p> 
<p><b>SUBSISTEMA 2:</b></p> <p>Área de empilhamento da carga (batelada de tijolos).                      A) Câmara de cocção (área interna do forno);                      B) Base vazada (crivos);                      C) Elementos de suporte de processo (portas).</p>		<p>Permite a fluência dos gases no sentido ascendente com circulação lateral e central, transferindo o calor gerado pela fonte primária (queima dos insumos madeireiros) por meio de <b>condução e /ou convecção</b>.</p>
<p><b>SUBSISTEMA 3:</b></p> <p>Área de tiragem dos gases;                      A) Chaminé;                      B) Teto abobadado com sobreposição de um sistema de coifa;                      C) Furos circulares, conectando a câmara de queima e o sistema de coifa.</p>		<p>A) A chaminé permite a tiragem dos gases;                      B) e C) A arte câmara e os furos circulares, situados entre no teto e a chaminé, direcionam os gases quentes para a chaminé, e em caso de aproveitamento do calor, para a estufa de secagem dos tijolos.</p>

Quadro 2: Matriz morfológica a partir de conceitos por analogia sistêmica.

Embora a forma predominante possua em sua maior representação a semelhança com o forno abóboda, tomou-se como base em todos as fases projetuais a adaptação tecnológica entre ambos sistemas (forno tradicional e sistema de queima limpa), anteriormente detalhado nos capítulos que antecedem a este.



---

#### **4.9. Análise das modelagens e do desenvolvimento**

As análises aqui apresentadas, descrevem alguns detalhes técnicos das alternativas desenvolvidas em função de seus desempenhos, considerando as características de cada um e os parâmetros preestabelecidos, que poderiam condicionar o cumprimento dos objetivos da pesquisa.

##### **4.9.1. Análise dos resultados dos modelos**

O modelo de teste, apresentado na figura 20, não atendeu ao objetivo principal da pesquisa, que estabelece como meta principal a redução de consumo de material combustível (pellets – madeira de pinho e lenha). Apesar de se tratar de uma prova conceito, ao se extrapolar o modelo, simulando-o com uma batelada padrão de 18.000 a 20.000 tijolos em um período de queima de 36 horas, seriam necessários mais de 140 m<sup>3</sup> de pinho e 45 m<sup>3</sup> de eucalipto. Considerando que não se poderia fazer esta predileção em termos de escolha de espécie de insumo madeireiro, em função da realidade vivenciada pelas empresas locais.

Este resultado, portanto, não estaria de acordo com as metas estabelecidas, haja vista que se estabeleceu como principal parâmetro a redução do quantitativo do consumo de combustível madeireiro (90 m<sup>3</sup> pellets), oficialmente revelado pelas empresas locais e também de acordo com o manual de práticas limpas da produção oleira, Benchmarck (2013). Sendo assim, optou-se pela otimização da forma e de alguns subsistemas, mantendo-se os requisitos e parâmetros preestabelecidos, considerando as observações resultantes da modelagem e simulação deste modelo de teste, como resultado preliminar. Desta forma tornou-se possível a elaboração de uma segunda alternativa e terceira alternativa, cujo resultado deveria corresponder ao indicador de desempenho esperado.

SISTEMA FORNO - CONCEITO PRIMÁRIO	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidade produtiva: 6.000 tijolos por batelada.</li> <li>- Consumo energético: 2.000 Kw/h x 36 horas: Total= 72.000 Kw</li> <li>- Equivalência total em termos de quantidade de insumo combustível (pinus e eucalipto): 47 m<sup>3</sup> (pinho) 15 m<sup>3</sup> (eucalipto)</li> <li>- A planilha de conversão, listas dos materiais utilizadas para composição do forno em modelagem e simulação, correspondente a resistência termodinâmica dos elementos inserido no sistema como um todo e seus subsistemas, as quais foram adotadas, em função dos requisitos do projeto, são os mesmos utilizados pelas pequenas e médias olarias locais, respeitando assim a limitação técnica e econômica.</li> </ul>

Figura20: Detalhamento do modelo de teste e características de consumo / produção.

#### 4.9.3. Alternativa 2 - Forno Alpha

O detalhamento técnico do forno Alpha apresentado pela figura 33, apresenta as suas características tecnológicas, em função da otimização proposta pelo resultado da simulação realizada com o modelo de teste antecedente a este. O forno Alpha se manteve praticamente com as mesmas características estruturais de seu antecedente, com exceção da otimização de alguns subsistemas, como por exemplo o diâmetro da área de empilhamento de carga, o volume dos queimadores e tamanho de abertura dos furos de tiragem localizados no teto abobadado.

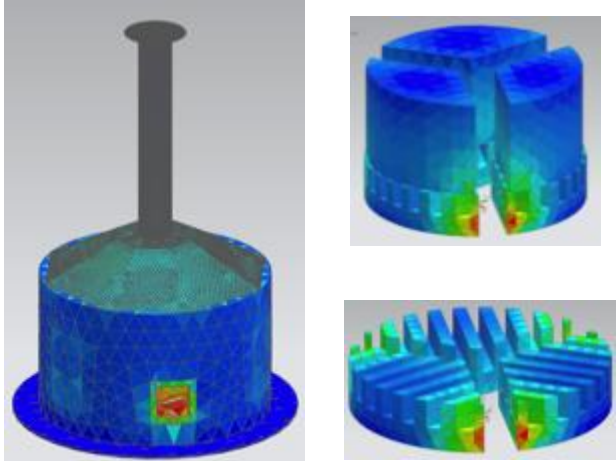
DETALHAMENTO TÉCNICO - SISTEMA FORNO ALPHA	
	<b>CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS</b> a) Capacidade produtiva: 10.000 tijolos por batelada. b) Consumo energético: 3.000 Kw/h x 36 horas: Total= 108.000 Kw c) Consumo insumo madeireiro: 24 m <sup>3</sup> (pinho) 14 m <sup>3</sup> (eucalipto)
Desenhos técnicos encontram-se nos anexos.	
O melhor ganho percentual deste modelo de teste em termos de redução de consumo encontra-se na faixa de 76,41% com a combinação dos seguintes fatores: 1. Poder calorífico; 2. Design adaptado / otimizado; 3. Vento soprado.	

Figura 33: Detalhe forno modelo alpha

A partir da otimização foi possível aumentar o potencial de recepção de carga de 6.000 tijolos para 10.000 tijolos. Que, por conseguinte, fazendo necessário o aumento de input energético. Portanto, o consumo energético passou de 2000 Kw / h para 3.000 Kw /h.

Embora o consumo tenha sofrido uma redução importante, se comparado a um forno padrão, este modelo não suporta em termos de volume a quantidade padrão de uma batelada de 22.000 tijolos. Além disso, os canais centrais prejudicam a eficiência do forno uma vez que o escape de gases quentes ocorre de maneira mais rápida. Desta forma foram realizadas outras modelagens visando as seguintes modificações, gerando uma terceira alternativa, a qual denominamos de Beta.

As modificações realizadas partindo do conceito Alpha para o conceito Beta, se referem ao aumento do diâmetro total da área de queima em 2 metros, que por conseguinte aumentou os queimadores proporcionalmente cm (1,60 cm x 1,60cm), a base foi deslocada ao nível subterrâneo em 1m e o redesenho da base dos tijolos a queimar, eliminando os córregos centrais. O forno BETA corresponde ao melhor resultado, uma vez que apresentou uma considerável redução de insumo em relação ao parâmetro padrão. Ver figura 34 a seguir.

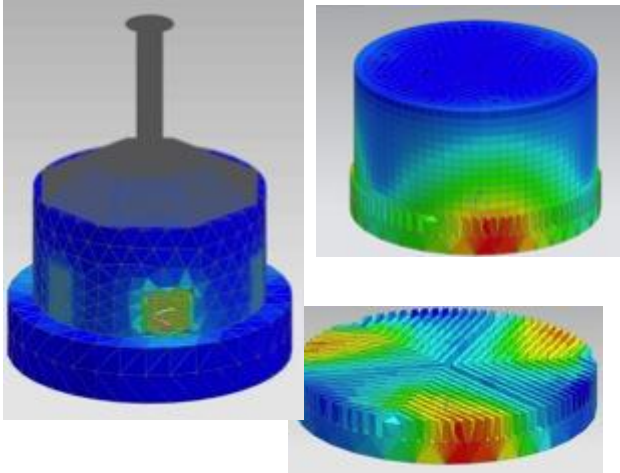
<b>DETALHAMENTO TÉCNICO - SISTEMA FORNO BETA</b>	
	<b>CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS</b> - Capacidade produtiva: 22.000 tijolos por batelada. - Consumo energético: 5.000 Kw/h x 36 horas: Total= 180.000 Kw - Consumo insumo madeireiro: 37 m <sup>3</sup> (pinho) 30 m <sup>3</sup> (eucalipto) Ganho percentual de consumo de insumo combustível
Desenhos técnicos em anexo.  R3= 37,68 % R4= 30,76 % <b>R7= 64,61 %</b> R8= 60,68 % O melhor ganho percentual deste modelo de teste em termos de redução de consumo encontra-se na faixa de 65% com a combinação dos seguintes fatores: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poder calorífico;</li> <li>2. Design adaptado / otimizado;</li> <li>3. Vento soprado.</li> </ol>	

Figura 34: Detalhe forno modelo Beta (melhor resultado)

#### 4.10. Influência das Variáveis sobre o resultado.

Um projeto de experimento adequado nos permite obter o máximo de informação com menor quantidade de experimentos JAIN (1991). Todas as variáveis referentes ao processo de queima dos tijolos, que podem ser controladas e que tenham um efeito sobre a variável de resposta (quantidade consumida do material comburentes)

foram listadas a partir da revisão bibliográfica. Dessa lista, selecionamos as duas mais citadas em conversas com experts, a saber: poder calorífico e vento soprado. Em análise de experimento, essas variáveis são chamadas de fatores.

#### **4.10.1. Projeto de experimento $2^k$ fatorial.**

Nossa hipótese é que o design do sistema também influencia no desempenho do sistema do forno, portanto, o design do sistema será o terceiro fator na análise que se segue. Para quantificar a importância dessa influência, foram fixados dois valores possíveis que podem ser assumidos por cada um dos fatores em um experimento real. Em análise de experimento, esses valores possíveis dos fatores são chamados de níveis. Os níveis foram selecionados após uma consulta a experts na área. Conforme a Tabela 15, valores menores dos fatores foram associados ao nível -1, enquanto que valores maiores foram associados ao nível +1. Os níveis associados ao fator design, embora não sejam valores numéricos, seguiram a mesma nomenclatura. O fato de uma variável estar associada ao nível -1 ou +1, não lhe confere nenhuma vantagem sobre o outro fator; é apenas uma questão de identificação na análise.

Tabela 15: Fatores e níveis

Fator	Nível -1	Nível +1
Poder calorífico	2.500 kcal/kl	4.300 kcal/kl
Conceito de design	Alpha	Beta
Vento soprado	3 m/s	4 m/s

A combinação desses fatores e níveis possibilita um projeto de experimento do tipo  $2^k$  fatorial, onde  $k$  representa o número de fatores, o que implica em  $2^3=8$  combinações possíveis de níveis, ou ainda o equivalente a 8 processos de queima no mundo real. Esta classe de projeto de experimentos nos permite classificar a influência de cada fator na resposta do sistema.

Por questões econômicas e viabilidade científica, optou-se pela utilização de um modelo de simulação digital para analisar a importância de cada fator selecionado sobre a resposta de interesse. A simulação possibilitou total controle sobre os

---

experimentos e replicabilidade das alternativas desenvolvidas de maneira bastante flexível. Para este projeto de experimentos foi utilizado o software NX™ (versões 10 e 11) Siemens PLM Software. Trata-se de uma ferramenta computacional para desenvolver soluções de produto com CAD / CAM / CAE.

Os fatores e resposta do sistema foram associados aos seguintes símbolos:

A: Poder calorífico

B: Conceito de design

C: Vento soprado

y: consumo de material comburentes

AB, AC, BC, ABC: possíveis combinações dos fatores.

Para cada combinação, foi realizado uma simulação, considerando a união dos níveis e fatores, conforme apresenta a tabela Tabela: 16. Depois de transcorridos o equivalente as 36 horas de queima com inputs variados de energia sugerida, anotava-se o resultado em termos de consumo energético. Neste caso, lançou-se mão do consumo em Kwh (3.000 / 3.500 / 4.500 / 5000 Kwh), uma vez que o simulador não possuía dados em sua biblioteca sobre poder calorífico de insumos lenhosos (ver tabela de conversão em anexo).

Após a realização da simulação de cada combinação, realizou-se a conversão de energia térmica em função das características do poder calorífico dos insumos trabalhados (pinho e eucalipto), obtendo-se o valor da variável resposta y (quantidade de pinho e eucalipto em m<sup>3</sup>). Se  $x_i$  representa os níveis -1 e +1 do fator i, o desempenho do sistema do forno pode ser obtido através de um modelo de regressão não linear:

$$y = q_0 + q_A x_A + q_B x_B + q_C x_C + q_{AB} x_{AB} + q_{AC} x_{AC} + q_{BC} x_{BC} + q_{ABC} x_{ABC}$$

Onde  $q_0$  representa o desempenho médio do sistema e  $q_i$  representa o efeito devido a fator i JAIN (1991). A análise começa com a criação de uma tabela de sinais, conforme mostrada na Tabela 16 Uma maneira de resolver esse sistema de equações consiste em adicionar uma coluna I cujos valores são todos iguais a 1. Multiplica-se os elementos da coluna I, por exemplo, pelos elementos correspondentes da coluna y e coloca-se a soma desses produtos ao final da coluna I. Repete-se esse procedimento para cada coluna que representa os fatores e suas

possíveis combinações. Ao final, divide-se cada soma pelo número de possibilidades mais um.

Tabela 16: Tabela de sinais e combinações.

Experi mento	I	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	y
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	37,38
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	21,23
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	56,08
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	31,84
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	43,61
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	24,77
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	62,30
8	1	1	1	1	1	1	1	1	35,38
	312,63	19,53	58,61	-86,17	-0,01	-5,39	-16,15	-0,01	Total
	39,08	2,44	7,33	-10,77	0,00	-0,67	-2,02	0,00	Total/8

O resultado é interpretado da seguinte maneira. O desempenho médio é  $q_o=39,08$ ; o efeito do poder calorífico é  $q_A=2,44$ ; o efeito do design é  $q_B=7,33$ ; o efeito do vento soprado é  $q_C=-10,77$ . Os demais valores exprimem o efeito das combinações entre os fatores do estudo.

A importância de um fator é medido pela proporção da variação total na resposta que é explicado pelo fator. Para um projeto  $2^3$  fatorial, a variação total da resposta (SST – Sum of Squares Total) y é dada por:

$$SST = 2^3(q_A^2 + q_B^2 + q_C^2 + q_{AB}^2 + q_{AC}^2 + q_{BC}^2 + q_{ABC}^2) = 1441,085$$



As frações das variações explicadas pelos fatores AC, BC e ABC aproximam-se de zero, portanto não influencia de maneira significativa no resultado.

$$\text{A fração da variação explicada pelo fator A: } \frac{2^3 q^2_A}{SST} = \frac{927,72}{1441,085} = \mathbf{0,6437}$$

$$\text{A fração da variação explicada pelo fator B: } \frac{2^3 q^2_B}{SST} = \frac{429,39}{1441,085} = \mathbf{0,2979}$$

$$\text{A fração da variação explicada pelo fator C: } \frac{2^3 q^2_C}{SST} = \frac{47,67}{1441,085} = \mathbf{0,0330}$$

$$\text{A fração da variação explicada pelo fator AB: } \frac{2^3 q^2_{AB}}{SST} = \frac{32,68}{1441,085} = \mathbf{0,0226}$$

Porção de variação do SST explicada pelo fator A: Fração de variação explicada pelo fator A:	SSA= 927,7278125 SSA/SST= <b>0,643770279</b>
Porção de variação do SST explicada pelo fator B: Fração de variação explicada pelo fator B:	SSB= 429,3915125 SSB/SST= <b>0,297964004</b>
Porção de variação do SST explicada pelo fator C: Fração de variação explicada pelo fator C:	SSC= 47,6776125 SSC/SST= <b>0,033084521</b>
Porção de variação do SST explicada pelo fator AB: Fração de variação explicada pelo fator AB:	SSAB= 32,6836125 SSAB/SST= <b>0,022679862</b>
Porção de variação do SST explicada pelo fator AC: Fração de variação explicada pelo fator AC:	SSAC= 0 SSAC/SST= <b>0</b>
Porção de variação do SST explicada pelo fator BC: Fração de variação explicada pelo fator BC:	SSBC= 0 SSBC/SST= <b>0</b>
Porção de variação do SST explicada pelo fator ABC: Fração de variação explicada pelo fator ABC:	SSABC= 0 SSABC/SST= <b>0</b>

#### **4.10.1. Conclusão da análise do projeto de experimentos**

O Tabela 17 apresenta o grau de importância dos fatores em função da combinação realizada. Dentre estes fatores, o (fator B) que se refere ao design, representa o elemento objetivo e inovador do sistema, ou seja, a adaptação tecnológica pela qual se alcançou a meta de redução de consumo combustível por batelada de tijolo vermelho em fornos de uso tradicional. Os demais fatores (A e C), possuem seu grau de importância, porém representam a constituição das propriedades das entradas do sistema / processo de queima, que dependendo do tipo pode variar para mais ou para menos. Contudo, o respaldo que o resultado do fator (B) proporciona, possui um significado importante, haja vista que este fator associado aos demais fatores estudados, contribuiu com uma redução de aproximadamente 75% do consumo de combustível madeireiro, comprovando a hipótese principal da pesquisa.

Tabela 17: Grau de importância por fator combinado

Fator / Combinação de fatores	Importância (%)
A	68.22
B	26.20
C	2.91
AB	2.40
AC	0.27
BC	0.00
ABC	0.00

---

## **CAPÍTULO 5 – PUBLICACIONES**

### 5.1. Publicações em coautoria com o orientador da tese e outros coautores.

Os artigos constantes nesta tabela, cuja autoria principal pertence a Sheila Cordeiro Mota em conjunto com seu orientador encontram-se na parte referente aos anexos.

<b>Título do artigo e Conferência</b>	<b>Período realização e ISSN/ISBN</b>	<b>Status e ordem de autoria</b>
ERGONOMIC INTERVENTION AND SUSTAINABLE INNOVATION AHFE 2014 - 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE)	Krakow, Poland July 19-23, 2014 ISBN: 978-1-4951-2108-1 DOI: 10.13140/2.1.3969.7922	<b>Aceito e publicado</b> Sheila Cordeiro Mota Bernabé Hernandis Ortuño Susana Barradas Paixão Rubem Cesar Rodrigues Souza
ABORDAGEM DO DESIGN SISTEMICO PARA FORNOS TRADICIONAIS DE CERAMICA ESTRUTURAL DO AMAZONAS 11º P&D Design	Gramado – RS – Brasil 29/09 a 02/10 de 2014	<b>Aceito para publicação</b> Sheila Cordeiro Mota Bernabé Hernandis Ortuño Karla Mazarelo Maciel Pachêco Susana Barradas Paixão
IMMATERIAL ELEMENTS AS DRIVERS OF SUSTAINABILITY IN PRODUCTS AND SERVICES The 22nd CIRP Conference on Life Cycle Engineering - CIRP LCE 2015 Conference	Sidney – Australia 7-9 de abril 2015 Procedia CIRP Journal Imprint: ELSEVIER ISSN: 2212-8271 DOI:10.1016/j.procir.2015.02.205	<b>Aceito e publicado</b> Julio Cezar Rivera Bernabé Hernandis Ortuño Sheila Cordeiro Mota Omar Miranda
ECONOMIC EFFICIENCY AND ENVIRONMENT ERGONOMICS TO THE PRODUCTION OF CERAMIC BRICKS IN THE BRAZILIAN AMAZON 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015	Las Vegas, NV, United States of America 26-30 July, 2015, Caesars Palace Hotel. Pages: <i>Volume 3, 2015, Pages 5579-5586</i> DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.741 ISBN: 978-1-4951-6042-4 (Online) ISSN 2376-4252 (Print) ISSN 2376-4244	<b>Aceito e publicado.</b> Sheila Cordeiro Mota Bernabé Hernandis Ortuño Karla Mazarelo Maciel Pachêco Vânia Maria BAtalha Lizandra Vergara

	Published by Elsevier B.V. Peer-review under responsibility of AHFE Conference. Available online at <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a>	
AN UNDERSTANDING OF LIFETIME OPTIMISATION THROUGH SUSTAINABLE STRATEGIES AND INTANGIBILITY IN PRODUCT AND SERVICES PLATE Conference	Nottingham - Inglaterra 17 a 19 junho 2015  ISBN: 978-0-9576009-9-7	<b>Aceito e publicado</b>  Julio Cezar Rivera Bernabé Hernandis Ortuño Sheila Cordeiro Mota Omar Miranda John R. Cardozo
IDENTIFICATION OF DESIGN ASPECTS THAT INFLUENCE THE DEVELOPMENT OF NEW NATURAL STONE PRODUCTS 5th International Forum of Design as a Process, 2014. v. 1.	Guadalajara – México Março de 2015	<b>Aceito e publicado</b>  Susana Barradas Paixão Bernabé Hernandis Ortuño Karla Mazarelo M. Pachêco Sheila Cordeiro Mota

## **5.2. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS**

O tempo responde a muitos dos questionamentos que o homem faz diante dos desafios que lhe é imposto todos os dias, sobretudo quando se trata de uma nova experiência. A ideia incerta sobre a sobrevivência da espécie humana tornou-se uma preocupação cada vez mais concreta, quando se observa a degradação pela qual passa o planeta, berço da existência e propagação da vida. Uns podem afirmar, de modo objetivo e simplório, que tal degradação é apenas um reflexo do mal-uso dos recursos naturais por parte de seu maior predador, o homem. Também se poderia dizer que esta degradação faz parte de um contexto histórico, encoberto pela obscuridade da falta de conhecimento, quando o homem apenas desconhecia maneiras de usar os recursos naturais sem extingui-los. Outrossim, se poderia culpar aqueles que dominam o contexto político e social, afirmando que por várias razões, a ganancia sempre foi um território densamente habitado, onde as espécies dominantes do quadro da vida, determinavam a lucratividade econômica a qualquer custo, o que resultou paulatinamente na degradação dos ricos meios que a natureza oferta.

Ao analisar estas possibilidades, seria de muita ingenuidade afirmar que existe um único agente responsável por tudo isso, pois ao adentrar um pouco no ciclo da expansão das ideias, percebe-se que a vida é um sistema dinâmico, aberto e influenciável, que se relaciona com todos os elementos de contato, portanto, sofrendo as influências advindas destas relações. Julgar a qualidade destas influências depende simplesmente das experiências vivenciadas e expectativas criadas, que por sua vez também funciona de modo sistêmico e dinâmico. Os orientais possuem uma filosofia, talvez um tanto mais profundo, que os ocidentais, sobre este tema, quando dizem: “A natureza não se cansa porque descansa em movimento”. A partir de tal reflexão, pode-se afirmar, que assim como a natureza a mente humana também segue este ritmo, quando segue encorajada em busca de respostas, desconhecendo o que o espera por trás do horizonte.

Ao enfrentar o desafio pela aquisição de um novo conhecimento, buscando aplicá-lo no sentido de melhorar a qualidade de vida de um determinado sistema, cria-se

---

indefinidas expectativas, que com o passar do tempo tornam-se concretas, migrando do mundo das ideias para o mundo real. Neste sentido, se poderia afirmar, que por serem as ideias infundáveis, as realizações também são. Portanto, nenhum conhecimento é autossuficiente e intangível, pois este se expande à medida que é compartilhado e se retroalimenta, comprovando mais uma vez que a ciência só será ciência, quando se aproximar da consciência coletiva, unindo os dois grandes vértices da vida, o conhecimento e a sabedoria.

Em relação aos métodos utilizados, conclui-se que em todas as etapas de desenvolvimento, tomou-se como ponto de referência, as necessidades do homem em função de suas características sociais e culturais, uma vez que a proposta deste novo produto deve ser inserida em seu modo de produção, não interferindo em sua técnica nem em seus hábitos. No entanto torna-se importante colocar, que na possibilidade de implantação do mesmo, que seja fornecido um suporte técnico e cultural aos seus usuários, no que diz respeito a importância do uso correto deste novo sistema, apregoando um novo conceito ecológico sobre a utilização devida dos recursos naturais e que ao mesmo tempo não ocasione limitações produtivas.

Ao concluir parcialmente esta pesquisa, uma vez que o discurso anterior, oferece uma reflexão benfazeja de continuidade, serão aqui apresentadas expectativas que motivaram a condução de tal desafio, assim como as experiências obtidas pelas tentativas realizadas. Portanto seguem os resultados esperados e os resultados alcançados, apresentados na forma de resposta às hipóteses formuladas e ao objetivo principal.

Duas das três hipóteses definidas, por meio das formulações propostas, foram comprovadas e validadas através dos métodos e estudos realizados, tendo sido a terceira hipótese, parcialmente comprovada. Neste sentido se lançou mão de ferramentas computacionais para simular o sistema em funcionamento, tendo como fatores determinantes de resposta a combinação entre três fatores: i) Novo conceito de Design; ii) Vento soprado; e iii) O poder calorífico dos insumos utilizados como parâmetro para medição. A ferramenta utilizada para simular o sistema em funcionamento, combinado aos fatores citados estão explicadas no capítulo três desta tese. Para validar as simulações, se lançou mão de um projeto de experimentos, cuja abordagem metodológica também se encontra descrita no capítulo três e analisada no capítulo quatro, que trata das análises e discussões dos resultados. A seguir são apresentadas de modo conclusivo a comprovação das hipóteses.

**Hipótese 1:** Uma adaptação tecnológica entre o sistema de queima de cerâmica vermelha, com características tradicionais e o sistema de combustão por queima limpa (queima adiabática) proporcionará redução do consumo de insumos combustível de base madeireira, utilizados por estes sistemas tradicionais em larga escala pelas pequenas e medias empresas.

**Resultado comprovado:** A adaptação tecnológica desenvolvida entre o sistema de queima tradicional para cerâmica vermelha e o sistema de combustão por queima limpa, obteve um ótimo resultado, considerando que seus elementos constitutivos, passaram por modificações geométricas em função dos experimentos realizados em simulação computacional para atender aos requisitos do projeto definidos anteriormente pela pesquisa preliminar. A demonstração das medições encontra-se na parte referente aos anexos deste documento, em forma de imagem gerada pelo software utilizado durante o processo de simulação. Portanto, a mais importante comprovação desta hipótese pode ser melhor compreendida no capítulo quatro, que analisa e discute cada resultado. Tendo sido demonstrado que esta adaptação respondeu ao objetivo principal da pesquisa.

**Hipótese 2** – A adaptação implementada manterá o padrão de queima, atendendo as condições produtivas essenciais.

**Resultado comprovado:** Em relação ao padrão de queima, tomou-se como indicativo de um resultado satisfatório, a capacidade que a adaptação desenvolvida possibilitou ao novo sistema de queima para cerâmica vermelha, as condições essenciais para suprir a capacidade produtiva utilizada como padrão de comparação, em função dos aspectos tecnológicos que as pequenas e médias olarias da região utilizam. Sendo assim, os resultados alcançados apresentam as seguintes características produtivas: i) Capacidade produtiva: 22.000 tijolos por batelada; ii) Consumo energético: 5.000 Kw/h x 36 horas: Total= 180.000 Kw; iii) Consumo insumo madeireiro equivalente 37 m<sup>3</sup> pinho e 30 m<sup>3</sup> eucalipto. Tabela de conversão, utilizada para transformar Kw/h em metros cúbicos, encontra-se em anexo. Este resultado representa em termos percentuais, uma redução significativa, se comparada aos valores de consumo de insumo madeireiro, fornecido pela literatura, que está em torno de 90m<sup>3</sup> e uma variação entre 90m<sup>3</sup> e 130m<sup>3</sup> de insumo. Este último fornecido por meio de entrevista a técnicos (forneiros) locais. Apesar do relato extraoficial dos técnicos locais entrevistados, tomou-se como parâmetro de



---

comparação apenas os dados fornecidos pela literatura, indicados no capítulo referente ao referencial teórico.

**Hipótese 3:** O novo sistema de queima permitirá que os usuários envolvidos no processo da queima cerâmica, possam realizar a tarefa com mais conforto, em função da redução do calor e da fumaça em torno do sistema.

**Resultado parcialmente comprovado:** A medição sobre redução de fumaça em torno do sistema não pode ser comprovada, em função das limitações que o manejo do software utilizado dispunha, sendo esta parte da hipótese uma sugestão para a continuidade desta pesquisa. Quanto ao aspecto referente ao conforto térmico, as simulações realizadas apresentam que o calor gerado internamente em função da queima, não ultrapassa as paredes que do forno, mantendo o que seria adequado em conformidade com as normas de segurança do trabalho. Além disso, as chamas resultantes do sistema de fornalha tão pouco afetam o operador do sistema, uma vez que estas queimam de forma invertida, sendo direcionada para o ambiente inferior a base que suporta a carga de tijolos a ser queimada.

**Resultado principal esperado:** O principal objetivo desta pesquisa foi desenvolver um novo sistema de queima para fornos tradicionais de cerâmica vermelha, adotando estratégias de Ecodesign que possam minimizar o consumo de combustível madeireiro.

**Resultado principal alcançado:** Em relação ao objetivo geral desta pesquisa, o resultado alcançado atendeu as expectativas, reduzindo o consumo de insumo madeireiro, utilizado como fonte combustível em forno abóboda, modelo parâmetro, por ser o tipo de forno mais frequente em todas as olarias da região, independentemente do nível tecnológico ou econômico que estas se enquadram. Portanto, em termos comparativos houve uma redução de aproximadamente 70% no volume de insumos. Tais resultados apresentam vantagens do ponto de vista econômico e ambiental, considerando que os gastos pela aquisição destes insumos são os mais onerosos dentro da cadeia de suprimentos na produção da cerâmica vermelha nas pequenas e médias olarias. Além disso, observa-se o ganho ambiental, uma vez que a obtenção dos insumos madeireiros para uso combustível, em sua maioria se dá pela derrubada das árvores sem a devida reposição, portanto, diante do exposto o resultado primordial da pesquisa, irá contribuir de maneira significativa, tornando este segmento industrial mais sustentável.

**Sugestões para futuras pesquisas:** Diante do exposto sugere-se que futuramente se possa implementar um modelo real, considerando os elementos utilizados, aspectos técnicos, estruturais e tecnológicos disponíveis na região, características culturais e econômicas das pequenas e médias olarias, assim como, o respaldo ambiental a que esta pesquisa se propôs. Além disso, se sugere também, que do ponto de vista da eficiência energética se possam testar insumos combustíveis, provenientes de materiais alternativos e ambientalmente recomendados, cuja consolidação científica e produtiva ainda se encontra em andamento. Outro sim, também se sugere que possa ser desenvolvido, em fusão a este estudo, o controle do padrão e da curva de queima, desafio ainda existente, em função da dinamicidade dos caracteres e poder calorífico dos insumos combustíveis utilizados.

Diante do exposto, conclui-se com esta pesquisa e com a experiência adquirida, que a ciência possui caminhos e trincheiras infindáveis e que o conhecimento humano, por mais limitado que ainda se encontre, pode se tornar mais amplo se forem rompidas as barreiras do ceticismo e da exclusividade acadêmica, extrapolando as suas descobertas para um uso mais aplicado em favor da sociedade e não apenas em detrimento do status do saber hierarquizado, exclusivo de uma minoria e nada altruísta.

---

## REFERENCIAS

ANDRADE, J. C. S. MARINHO, N. M. O. KIPERSTOK, A. *Uma política nacional de meio ambiente focada na produção limpa: elementos para discussão*. Bahia análise e dados, vol. 10, n. 4. Salvador: 2001.

<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=45>. Acessado em dezembro de 2013.

ACANTHE, Thierry. *Polo Mineral do Amazonas*. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ). GmbH. 2014.

ALESP - ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Arranjos Produtivos Locais e o Desenvolvimento Sustentado do Estado de São Paulo. <CD.ROM> São Paulo. 2005.

ALVES-MAZZOTTI, A. J., & GEWANDSZNAJDER, F.O *Método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos Sólidos –Classificação. ABNT. São Paulo-SP, 2004. [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br). Acesso em dezembro de 2014.

\_\_\_\_\_.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. ABNT. São Paulo -SP, 2004. [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br). Acesso em dezembro de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABC). Cerâmica no BRASIL: números do setor: introdução. Disponível em: <[www.abceram.org.br/asp/abc\\_281.asp](http://www.abceram.org.br/asp/abc_281.asp)>. Acesso em: janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_.Cerâmica no BRASIL: números do setor: materiais de revestimento. Disponível em: <[www.abceram.org.br/asp/abc\\_288.asp](http://www.abceram.org.br/asp/abc_288.asp)>. Acesso em: janeiro de 2015.

BATIZ, E.C. FARIA, E. A produção mais limpa na contribuição das melhorias das condições de trabalho e da saúde dos trabalhadores: um estudo de caso. In: 2nd

International Workshop – Advances in Cleaner Production, 2, 2009, São Paulo. Anais. São Paulo Advances in Cleaner Production, 2009.

BENCHMARK A+E., *Manual de Produção + Limpa da Indústria Cerâmica*. AEP- Associação Empresarial de Portugal. ISBN 978-972-8702-66-3. Depósito Legal. 338674/12 Dezembro 2011. Páginas 155.

BERNI, M. (2010) *Oportunidades de eficiência energética na indústria: relatório setorial: setor cerâmico*. Brasília: cni. ISBN 978-85-7957-008-7.

BONSIEPE, G. et al. (1986) *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNPq/Coordenação Editoria.

BORGES, T. P. F., *Fogão a Lenha de Combustão Limpa*. MSc. Thesis. Universidade Estadual de Campinas. 1994.

BRIEDE, J., & HERNANDIS, B. (2011). *New Methods in Design Education: The Systemic Methodology and the Use of Sketch in the Conceptual Design Stage*. *Us-China Education Review*, 8 (11), 118-128.

CAMPELO, DE S. NILTON. Engenharia Geotécnica e de Materiais Sustentáveis na Amazônia, EGAM 2013 e GEONORTE.<http://slideplayer.com.br/slide/1240967/>. Acesso em 17 julho de 2017.

CARVALHO, J. L. F.; VERGARA, S. C. *A fenomenologia e a pesquisa dos espaços de serviços*. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, v. 42, n. 3, jul./set. 2002 CCB – CENTRO CERÂMICO DO BRASIL. <http://www.ccb.org.br/certificacao>. Acessado em março de 2015.

DUTRA, R.P.S. *Avaliação da potencialidade de Argilas do Rio Grande do Norte – Brasil*, *Cerâmica Industrial*. Vol. 11, nº 2, pp. 42-46. 2006.

---

DUTRA, R.P.S., “Desenvolvimento de formulações de massas para indústria de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte”, *Cerâmica Industrial*, Vol. 11, nº 3, pp. 41-46. 2006.

FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FIKSEL, J., *Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes*, McGraw-Hill, New York, 1996.

FIESP; CETESB. *Guia de produção + limpa do setor cerâmico*. São Paulo, 2006.  
FLORIANO, E.P. *Políticas de Gestão Ambiental*. 3ª Ed. Revisada. Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

FURG, Portal dos alunos de engenharia civil. Materiais – Desperdício. Disponível em <[www.projetoconstrucao.hpg.ig.com.br](http://www.projetoconstrucao.hpg.ig.com.br)> . acesso em janeiro de 2014.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.  
<http://www.guiageo.com/amazonas.htm> acesso em setembro de 2013.

HENNIG, G.J. *Metodologia do Ensino de Ciências*. 2 ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1994.

HENRIQUES JR., M. F. ET AL., *Manual de Eficiência Energética na Indústria de Cerâmica Vermelha / – Rio de Janeiro: INT/MCTI, 2013. 28 p. ISBN 978-85-99465-06-6* 1. Indústria de Cerâmica Vermelha, 2. Consumo de energia, 3. Economia de energia. CDU 620.9

HENRIQUE JR, M.F.; VILLAR, S. de C. *Alternativas para o Uso do Gás Natural na Região Norte*. 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2009, 336p.

HERNANDIS, B. (2012). *Design Concorrente*. En R. Martins, & J. van der Linden, *PELOS CAMINHOS DO DESIGN: Metodologia de Projeto* (págs. 327-391). Londrina, Brasil: EDUEL. Produções, 2003.

IIDA, ITIRO. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo. 2a edição. Edgar Blucher LTDA 2005.465p.

JAIN, RAJ. *The Art of Computer Systems Performane Analysis – Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling*. John Wiley & Sons Inc., 1991).

KHAN, A. M. HASAN, SHUTTE, E., (1989): *Application of Downdraft Combustion to Woodburning Devices*. WSG Publicação Interna vol., 6 páginas.

LASTRES, H.M.M.; CASSIOLATO, J.E. & ARROIO, A. *Conhecimento, Sistemas de Inovação e Desenvolvimento*. In: Revista Brasileira de Inovação, v. 5, n. 1, Jan./Jul. 2006.

LOSEKANN, C. R. & FERROLI, P.C.M. *Fabricação para Designers: Uma abordagem de integração, projeto / manufatura*. Ed.Univali 2006. 200p.

MACHADO JR. OLAVO.; TORQUETI C., ZULEIKA STELA., *Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha*. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG. 2013.

MAGALHÃES, CILENE FARIAS BATISTA, *Análise do Processo do processo produtivo dos tijolos cerâmicos na fábrica Nova São José de Itacoatiara/AM: um estudo de caso*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos, Belém, 2016. CDD 22.ed.658.5

MARTINS, & J. VAN DER LINDEN, *Pelos Caminhos do Design: metodologia de projeto* (págs. 327-391). Londrina, Brasil: EDUEL.

MARIANO, Sandra Regina. *Gestão da Inovação: Uma abordagem integrada*. 2006. MÁS, Edgar. *A queima cerâmica forno a forno*. São Carlos: UFSCAR: Pólo Produções, 2005.

---

MÁS, Edgar. *Qualidade e tecnologia em cerâmica vermelha*. São Carlos: UFSCAR: Pólo Produções, 2005.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço de energia útil. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: mar. 2015.

\_\_\_\_\_. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE TRANSFORMAÇÃO DE NÃO-METÁLICOS. BRASÍLIA, 2008.

MESSIAS S. LAIETE, Recuperação de gases quentes em fornos intermitentes. Aplicação na Indústria de Cerâmica Estrutural. *Cerâmica Industrial*, v. 1, n. 2, p.31-37, mai - jun. 1996.

MINAYO, M. C. S. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

MOTA, S. C; SOUZA, R. C. R; MARTINS, G. (2006) - *Technical and ergonomic improvements in the furnace design of a manioc flour house*. Artigo dos anais do 16th World Congress on Ergonomics – IEA. Associação Internacional de Ergonomia.

Holanda. Edited by R.N. Pikaar Eur.Erg., E.A.P. Koningsveld Eur.Erg. and P.J.M. Settels Eur.Erg., ISSN 0003-6870, Elsevier Ltd.

MOTA, S. C. ; SOUZA, R.C.R. . *Inovação Tecnológica e Melhorias no Design do Forno da Casa de Farinha*. In: XXVII ENEGEP 2007, Foz do Iguaçu.

MOTA, S. C. ; HERNANDIS, BERNABÉ; MAZARELO, K. PACHECO; BATALHA VÂNIA; VERGARA L. *Ecoeficiency and Enviroment Ergonomics to the production of ceramic bricks in the Brazilian Amazon* - 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015.

NORTON, F. H. *Introdução à tecnologia cerâmica*. São Paulo: Edgar Blucker, 1973.  
NEAPL – NÚCLEO ESTADUAL DE ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS – PLANO DE DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR APL DE BASE MINERAL – CERÂMICO OLEIRO – Cidade Polo Iranduba – 2009

NICOLAU V. P., LEHMKUHL W. A., JAHN T. G., DADAM A. P., HARTKE R. F., KAWAGUTI W. M., *Análise Experimental de um Secador contínuo Utilizado na*

*Indústria de Cerâmica Vermelha.* In: CONEM 2004 – Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Belém, 2004.

PAIXÃO-BARRADAS, S., PACHECO, K., & HERNANDIS, B. (2011). *Design mediante o uso de materiais naturais: análise de atributos essenciais ao desenvolvimento de novos produtos.* Lisboa: VI Congresso Internacional de Pesquisa de Design, 10-12 Outubro.

PAIXÃO-BARRADAS, S., PACHECO, K., & HERNANDIS, B. (2012). *La piedra natural como un material de diseño para el desarrollo de equipamiento urbano: reporte de un caso.* ICONOFACTO , 8 (11), 77-95 .

PACHECO, K., HERNANDIS, B., & PAIXÃO-BARRADAS, S. (2012). *La importancia del diseño sistémico para la competitividad de la fibra natural Amazónica de tucumã-i (Astrocaryum acaule) en el desarrollo semi-industrial de productos: Un estudio de caso para la categoría del vestuario.* En U. R. Llull (Ed.), 2º Congreso Internacional de Diseño e Innovación. Sabadell: Escuela Superior de Diseño ESDi.

PINTO, ERNESTO RENAN FREITAS. *Como se produzem as Zonas Francas. Trabalho e Produção capitalista.* Belém, Pará: Série Seminários e Debates, 1987.

PUERTO, HENRY BENAVIDES. *Design e Inovação Tecnológica, Coletâneas de Ideias para Construir um discurso.* 1º Edição IEL – FIEB 1999, 69 p.

QUEIROZ, A. B. ET AL., *Conservação de energia no setor industrial: cerâmica estrutural, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE e Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco –ITEP.* 1988.

RELATÓRIO ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS – APLS - *Grupo De Pesquisas Em Materiais De Engenharia/Ufam – EDITAL MCT/CT-Mineral/CNPq Nº 44/2012.*



---

REVISTA FATOR BRASIL, disponível pelo endereço eletrônico:  
[http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver\\_noticia.php?not=98893](http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=98893). Acessado em junho de 2017.

ROZENBURG N.F.M. AND EKELS J., *Product Design: Fundamentals and Methods*. John Wiley Sons, Chichester, 1995.

RIVERA, JULIO. HERNANDIS, BERNABÉ. MOTA, SHEILA. MIRANDA, OMAR. *Immaterial elements as drivers of sustainability in products and services*. The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering. 2212-8271 © 2015 Published by Elsevier B.V. Conference “22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering.

SCALICE, R. G. *Desenvolvimento de uma Família de Produtos Modulares para o Cultivo e Beneficiamento de Mexilhões*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2003, 274p

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO ESTADO DO AMAZONAS. *Legislação de Incentivos Fiscais do Amazonas*. Lei nº 2.826/2003 – Amazonas: SEPLAN, 2009.

SCHUMAN, H., & KALTON, G. (1985). *Survey methods*. EM G.LINDZEY & E.ARONSON (EDS.), *Handbook of social psychology*, 3rd ed. Vol. 11 – 1985. New York: Random House.

SCHUMPETER, Joseph Alois. *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SILVA, MONICA MARIA PEREIRA DA. *Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: da Indústria ao Canteiro de obras*. Dissertação Mestrado – Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado Engenharia Civil 2007. Fonte: [http://www.unicap.br/tede//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=340](http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=340), acessado em 25/02/14

SILVA, R. G. *Indústrias cerâmicas de Imperatriz e o meio ambiente: identificação de riscos e impactos ambientais*. São Luis: UFMA/SEBRAE, (Monografia de pós-graduação em Gestão Ambiental) 2002.

SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca de Manaus. Relatório do potencial socioeconômico, ambiental, político e tecnológico do aglomerado produtivo cerâmico da região de Iranduba – AM. **(Relatório)**. Manaus, 2012.

SWANN, C. *Action Research and the Practice of Design*. Design Issues. 2002. 18, 49- 61.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VASCONCELOS, R.P. ; CAVALCANTE, R. D. *Sustentabilidade x qualidade: como equilibrar esta relação no processo de fabricação de blocos cerâmicos no Amazonas*. In: 57 CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2013, NATAL RIO GRANDE DO NORTE. Sustentabilidade x qualidade: como equilibrar esta relação no processo de fabricação de blocos cerâmicos no Amazonas, 2013.

VERGARA, S. C. *Método de pesquisa em administração*. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

VILLANUEVA, B. R. *Análisis estratégico para el desarrollo de los productores de ladrillo en la ciudad de saltillo, coahuila. México/strategic analysis for development of brick producers in saltillo city, coahuila, mexico*. Global Conference on Business & Finance Proceedings, 2015, Institute for Business & Finance Research. p.1212.

WITTWER, E. & FARIA, R. W., 1997, *Projeto de Conservação de Energia nas Pequenas e Médias Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, Relatório final: setor de cerâmica vermelha*.

---

## **ANEXOS**

CARTAS DE ACEPTACIÓN DE COAUTORIA;  
DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS DE PUBLICACIONES;  
COPIAS DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS;  
LISTAS DE REVISÕES FEITAS PARA O JOURNAL CLEANER PRODUCTION  
FORMULARIOS DE LA ENCUESTA;  
DIBUJOS TECNICOS DE LOS HORNOS ALPHA Y BETA;  
TABLAS DE REFERENCIA DE PROPIEDADES MATERIALES Y CONVECCIÓN  
ENERGÉTICA;  
IMAGENES DE LAS SIMULACIONES COMPROBANDO LAS MEDICIONES DE  
TEMPERATURA.

## ANEXO 01 - CARTAS DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES

### MODELO DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES

D. Bernabé Hermandis Ortuño , con DNI/Pasaporte 19460767F  
nacido el 24 / 01 / 1955 y con domicilio en Calle : Santa Úrsula nº 3 Valencia 46001  
E-mail: bhermand@upv.es

### MANIFIESTO QUE

Como COAUTOR DOCTOR, estoy informado que D<sup>a</sup>. SHEILA CORDEIRO MOTA quiere solicitar la autorización a la Comisión de Doctorado de la Universitat Politècnica de València para la presentación de su tesis doctoral en forma de compendio de publicaciones y que hago la renuncia como coautor a la presentación de los trabajos como parte de otra tesis doctoral.

Y a este efecto,

### HAGO CONSTAR

Que acepto que se utilicen el/los trabajo/s especificado/s a continuación:

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; BARRADAS P., SUSANA; RODRIGUES SOUZA., CESAR RUBEM. *Ergonomic intervention and sustainable innovation* AHFE 2014 - 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE). Krakow, Poland July 19-23, 2014 ISBN: 978-1-4951-2108-1 DOI: 10.13140/2.1.3969.7922.

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; MACIEL P., KARLA M., BATALHA., VANIA M., VERGARA LIZANDRA. *Ecoeficiency and environment ergonomics to the production of ceramic bricks in the brazilian amazon*. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated. Conferences, AHFE 2015. Las Vegas, NV, United States of America 26-30 July, 2015, Caesars Palace Hotel. ISBN: 978-1-4951-6042-4 (Online) ISSN 2376-4252 (Print) ISSN 2376-4244. Published by Elsevier B.V. Peer-review under responsibility of AHFE Conference.

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; MACIEL P., KARLA M. *O Design Sistémico como método de inovação aplicado a fornos tradicionais de cerâmica vermelha no Amazonas – Brasil*. IFDP'16 - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking Valencia, Universitat Politècnica de València, 2016 DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016>.



Dr. Bernabé Hermandis Ortuño

Profesor Catedrático, Universitat Politècnica de València. Valencia, España.

Valencia, España mayo 3 de 2017

---

## MODELO DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES

D. Rubem Cesar Rodrigues Souza, con DNI/Pasaporte: C 0 539087

nacida el 28/03/1965 y con domicilio en Calle: Av. Cecília Meireles, s/n, Residencial Ponta Negra II, Rua I, casa 23, Ponta Negra, Manaus-AM, CEP: 69037-071

e-mail: rubem.cesar@pq.cnpq.br

### MANIFIESTO QUE

Como COAUTOR DOCTOR, estoy informado que D<sup>a</sup>. SHEILA CORDEIRO MOTA quiere solicitar la autorización a la Comisión de Doctorado de la Universitat Politècnica de València para la presentación de su tesis doctoral en forma de compendio de publicaciones y que hago la renuncia como coautor a la presentación de los trabajos como parte de otra tesis doctoral.

Y a este efecto,

### HAGO CONSTAR

Que acepto que se utilicen el/los trabajo/s especificado/s a continuación:

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; BARRADAS P., SUSANA; RODRIGUES SOUZA., CESAR RUBEM. *Ergonomic intervention and sustainable innovation* AHFE 2014 - 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE). Krakow, Poland July 19-23, 2014 ISBN: 978-1-4951-2108-1 DOI: 10.13140/2.1.3969.7922.



Rubem Cesar Rodrigues Souza

Professor Doutor Universidade Federal do Amazonas  
Diretor do Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico - CDEAM

Manaus, Brasil. 16 de maio de 2017

#### **MODELO DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES**

D<sup>a</sup>. Vania Maria Batalha Cardoso, con DNI/Pasaporte:

nacida el 25 / 04 /1960 y con domicilio en Calle: Rua Emílio Moreira 1468 A, Praça 14 de janeiro, CEP: 69020040

e-mail: vania.batalha60@gmail.com

#### **MANIFIESTO QUE**

Como COAUTORA, estoy informada que D<sup>a</sup>. SHEILA CORDEIRO MOTA quiere solicitar la autorización a la Comisión de Doctorado de la Universitat Politècnica de València para la presentación de su tesis doctoral en forma de compendio de publicaciones y que hago la renuncia como coautor a la presentación de los trabajos como parte de otra tesis doctoral.

Y a este efecto,

#### **HAGO CONSTAR**

Que acepto que se utilicen el/los trabajo/s especificado/s a continuación:

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; MACIEL P., KARLA M., BATALHA., VANIA M., VERGARA LIZANDRA. *Ecoeficiency and environment ergonomics to the production of ceramic bricks in the brazilian amazon*. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated. Conferences, AHFE 2015. Las Vegas, NV, United States of America 26-30 July, 2015, Caesars Palace Hotel. ISBN: 978-1-4951-6042-4 (Online) ISSN 2376-4252 (Print) ISSN 2376-4244. Published by Elsevier B.V. Peer-review under responsibility of AHFE Conference.



**Vania Maria Batalha Cardoso**

Profesora do Departamento de Design e Expressão Gráfica  
Faculdade de Tecnologia  
Universidade Federal do Amazonas

Manaus, Brasil. 16 de maio de 2017

## MODELO DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES

D<sup>a</sup>. KARLA MAZARELO MACIEL PACHECO, con DNI/Pasaporte FJ971654  
nacida el 10/10/1974 y con domicilio en Calle: AFONSO PENA, 555 –  
APARTAMENTO 1206 – RESIDENCIAL LIFE CENTRO  
e-mail: karlamazarelo@hotmail.com.

### MANIFIESTO QUE

Como COAUTOR A DOCTOR A, estoy informado que D<sup>a</sup>. SHEILA CORDEIRO MOTA  
quiere solicitar la autorización a la Comisión de Doctorado de la Universitat Politècnica  
de València para la presentación de su tesis doctoral en forma de compendio de  
publicaciones y que hago la renuncia como coautor a la presentación de los trabajos  
como parte de otra tesis doctoral.

Y a este efecto,

### HAGO CONSTAR

Que acepto que se utilicen el/los trabajo/s especificado/s a continuación:

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ ; MACIEL P., KARLA M.,  
BATALHA ., VANIA M., VERGARA LIZANDRA . Ecoeficiency and environment  
ergonomics to the production of ceramic bricks in the brazilian amazon. 6th  
International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and  
the Affiliated. Conferences, AHFE 2015 . Las Vegas, NV, United States of America 26 -  
30 July, 2015, Caesars Palace Hotel. ISBN: 978 -1-4951-6042-4 (Online) ISSN 2376 -  
4252 (Print) ISSN 2376 -4244. Published by Elsevier B.V. Peer -review under  
responsibility of AHFE Conference.

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ . MACIEL P., KARLA M., O  
Design Sistêmico como método de inovação aplicado a fornos tradi cionais de  
cerâmica vermelha no Amazonas – Brasil. IFDP'16 - Systems & Design:Beyond  
Processes and Thinking Valencia, Univers itat Politècnica de València, 2016 DOI:  
<http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016> .



Karla Mazarelo Maciel Pacheco

Profesora Doctora do Departamento de Design e Expressão Gráfica  
Faculdade de Tecnologia  
Universidade Federal do Amazonas

Manaus, Brasil. 16 de maio de 2017

## **MODELO DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES**

D<sup>a</sup>. Susana PAIXÃO PEREIRA MESTRE BARRADAS, con Pasaporte: M682503 nacida el 12/08/19778 y con domicilio en Calle: 83, Rue Jean Juarès – 83000 Toulon, FRANCE

e-mail: [susana.barradas@gmail.com](mailto:susana.barradas@gmail.com).

## **MANIFIESTO QUE**

Como COAUTORA DOCTORA, estoy informada que D<sup>a</sup>. SHEILA CORDEIRO MOTA quiere solicitar la autorización a la Comisión de Doctorado de la Universitat Politècnica de València para la presentación de su tesis doctoral en forma de compendio de publicaciones y que hago la renuncia como coautor a la presentación de los trabajos como parte de otra tesis doctoral.

Y a este efecto,

## **HAGO CONSTAR**

Que acepto que se utilicen el/los trabajo/s especificado/s a continuación:

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; BARRADAS P., SUSANA; RODRIGUES SOUZA., CESAR RUBEM. *Ergonomic intervention and sustainable innovation* AHFE 2014 - 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE). Krakow, Poland July 19-23, 2014 ISBN: 978-1-4951-2108-1 DOI: 10.13140/2.1.3969.7922.



**Susana PAIXÃO-BARRADAS**

Professeur Assistant – Enseignant Chercheur  
KEDGE Design School, Campus Toulon, FRANCE

Toulon, France. 16 de maio de 2017



---

## MODELO DE ACEPTACIÓN DE COAUTORES

D<sup>a</sup>. Lizandra Vergara, con DNI/Pasaporte: 4.989.545 88P/3C

nacida el 22 / 09 / 1974 y con domicilio en Calle: Rua das Gerejeiras, 240 Casa 3, Florianópolis-SC- Brasil.

e-mail: lvergara@ufsc.br

### MANIFIESTO QUE

Como COAUTORA DOCTORA, estoy informado que D<sup>a</sup>. SHEILA CORDEIRO MOTA quiere solicitar la autorización a la Comisión de Doctorado de la Universitat Politècnica de València para la presentación de su tesis doctoral en forma de compendio de publicaciones y que hago la renuncia como coautor a la presentación de los trabajos como parte de otra tesis doctoral.

Y a este efecto,

### HAGO CONSTAR

Que acepto que se utilicen ellos trabajo/s especificado/s a continuación:

CORDEIRO M., SHEILA; HERNANDIS O., BERNABÉ; MACIEL P., KARLA M., BATALHA, VANIA M., VERGARA LIZANDRA. *Ecoefficiency and environment ergonomics to the production of ceramic bricks in the brazilian amazon*. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015. Las Vegas, NV, United States of America 26-30 July, 2015, Caesars Palace Hotel. ISBN: 978-1-4951-6042-4 (Online) ISSN 2376-4252 (Print) ISSN 2376-4244. Published by Elsevier B.V. Peer-review under responsibility of AHFE Conference.

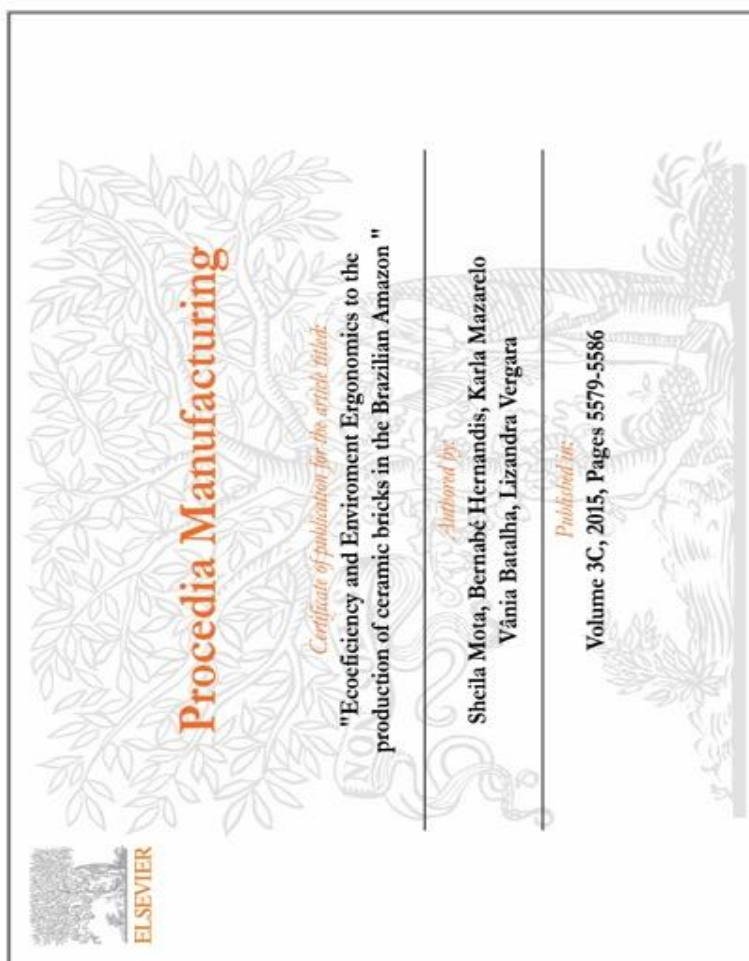


Lizandra Vergara

Professora do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas (DEP3)  
Centro tecnológico (CTC)  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Manaus, Brasil. 16 de maio de 2017

## ANEXO 2 - DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS DE PUBLICACIONES;





6th INTERNATIONAL FORUM OF DESIGN AS A PROCESS

**SYSTEMS & DESIGN**  
BEYOND PROCESSES AND THINKING

22-24  
Jun 2016

Universitat Politècnica de València, Spain

**DR. BERNABÉ HERNANDIS ORTUÑO, CHAIR OF CONFERENCE OF 6th INTERNATIONAL FORUM OF DESIGN AS A PROCESS WHICH TOOK PLACE AT UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA FROM JUNE 22nd TO 24th 2016, SPAIN.**

Notes that:

Ms. Sheila Cordeiro has been member of the Organizing Committee at the 6th IFDP-SD2016 conference.

Dated: September 21st, 2016.

Bernabé Hernández, PhD.

Chair of conference

## **Ergonomic Intervention and Sustainable Innovation**

*Sheila Cordeiro Mota<sup>1</sup>,  
Bernabè Hernandis Ortuño,  
Susana Paixão-Barradas and  
Rubem Cesar Rodrigues Souza*

*Escuela Técnica de Ingeniería del Diseño  
Universitat Politècnica de Valencia  
Valencia, Spain*

### **ABSTRACT**

Among the reasons interfering with the product development are the human being necessities concerning with activities that one has to do to make possible the action in his/her environment. In order to satisfy such necessities, the practice of Design allow us to find project solutions that yield the balance among several factors inherent to the process of product development, with exchange between the designers, who aims a positive reception for their products, and the end user, in conformity with their necessities. However, the process should take into account the preoccupations with the sustainable development that, according to the Brundtlando report, should be the simultaneous search for economic efficiency, social justice, and environmental harmony. The report also states that the industry should produce more with fewer resources, as well as adopt clean technologies, and proliferate the knowledge by means of financial support of the local and international organizations. This work describes the adaptation of two systems, the traditional roasting furnace of manioc flour and the combustion system by clean burning (downdraft). By making use of a clean technology for production, the resulting system pursues economical feasibility that can lead to social fairness, promoting environmental harmony.

**Keywords:** Design process, Sustainable development, Ergonomic values

## **INTRODUCTION**

The context of this research fits into the requirements that define the focus of this work, having in mind the insertion of Ecodesign as a project tool that enable us to find means to conceive a regional-purpose product (a hardware for producing manioc meal), widely spread and essential for the local food habit. The production, trade, and deployment of manioc meal become technical and economically feasible, and culturally acceptable as well since it does not oblige the use of new productive techniques that do not fit the use and habit of the local people.

This work describes the adaptation of two systems, the traditional roasting furnace of manioc flour and the combustion system by clean burning (downdraft). The resulting system pursues economical feasibility that can lead to social fairness, by making use of a clean technology for production, thereby promoting environmental harmony. So, the objectives of this research are:

- Identify the aspects that involve the production processes, environmental and technological and social level (taking as reference general industrial models);
- Identify, evaluate and suggest ways that do not interfere in cultural aspects of rural communities.

## **1. DEVELOPMENT - PROBLEM STATEMENT**

The manioc flour house is the place where the manioc flour is processed and produced. It plays an important and traditional role in the cultural and economical context, mainly in the north and north-eastern regions of Brazil. The manioc flour house has a common peculiarity across several Brazilian states: its intrinsic rustic characteristics were preserved.

The production process of the manioc flour is carried out by using tools and techniques suitable for the required tasks, and configured by hand in familiar work. The inappropriate conditions of both hygiene and storage are the most prominent characteristic of this practice as shown in Figure 1. Such harmful conditions favor the appearance of aflatoxin, a common carcinogen substance in food such as peanut, chestnut and maize.



Figure 1: Production of manioc flour in Amazonas state

A survey carried out in traditional houses of manioc flour in the Amazonas State has evidenced that tools used in the production process are of elementary rusticity, associated with a peculiar and common performance. It is evident the necessity of improvement and technological adaptation for those tools. However, it is worthwhile to say that this work focus to the furnace and the associated tasks conducted by the local people.

The production process of cassava flour (Figure 2) begins at the planting of manivas (pieces of cassava). After the harvest, the cassava is transported to the house of flour, where by means of hand tools it is peeled and scraped. The maturation process starts when the cassava is placed in tanks of water. Next, it is squeezed in a rustic press of indigenous origin. Then it is sieved and roasted in the oven. The manioc flour is ready to be consumed, but it can also be packed, weighted and stored for sale.

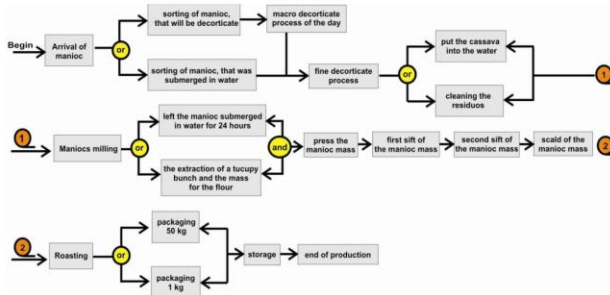


Figure 2: Flow of production process of Manioc flour.

## 1.2 QUALITY AND PRODUCTIVITY

According to Cleland and Ireland (2002), a quality program must follow principles that guarantee the results by following a disciplined process. Possible deviations of such principles yield dissatisfaction of clients since their necessities are not fulfilled. Therefore, the authors claim that the quality of the process interferes directly in the production results, and, consequently, in the final product.

In face of such approach, the aspects of improving the production process of one of the most consumed products on the north and northeast Brazilian regions, the manioc flour, are associated with a set of factors that motivated the search of a quality improvement program related with its production means.

By Cleland and Ireland (2002), the concept of production flow management evolved during the 1990 decade. From a restrictive vision of the logistic aspect related to the physical flow of the product, it achieved a managerial vision with a more systemic emphasis, which main goal is to satisfy the end user and optimize the chain development.

With respect to the agroalimentary products, clients and consumers are even more demanding with respect to the quality attributes directly related to the product (such as nutritional value, appearance, flavor and security), a quality attributes indirectly related to the product (such as the adoption of production of proper impact acceptable to the environment in conformity to the social norms.

Toledo (2001) defends that the quality of an agroalimentary product results from its own characteristics and properties perceived by the consumers. These points of views are intrinsic, hidden product characteristics as the nutritional value and hygienic order, objective characteristics of the product that can jeopardize ones health and security, even when they are not perceived. Concerning the subjective features of a product, sensorial characteristics, such as appearance and flavor, can interfere in the product acquisition.

About the agroalimentary chains, Cia (2001) claims that there are three generic categories of representativeness for a product, which are characterized by events occurring in the production and commercialization, namely:

- (a) The final product, the food already processed, wrapped up and ready for transportation;
- (b) Available goods, exposed to be sold;
- (c) The consumed delicacy, the food in the phase of being prepared for degustation by the consumer.

Cia (2001) also stands out the success requirements for a delicacy by stating that all previous events (industrial product and goods) should be successfully achieved. Since the costs with storage and nutritional loss are reduced, the faster the delicacy event approximates the industrial product and goods events, the closer the product quality the consumer requires.

Based on such considerations about the food quality characteristics are clear, one can see that quality management of the chain agents is essential by applying well-defined procedures and practices one can explain it. Therefore, in order to satisfy these criteria, we developed a production system by taking the Ecodesign and ergonomic interventions to improve the relation man-task-machine.

### **1.2.1 Ergonomic values**

Considering the nature of the project, experimental and applied character, was used as a methodological basis of ergonomics, which according to Iida (2005), allows to build knowledge from observations and experiments, the conditions should be checked and proven by measurement of phenomena. However, recognizing the need to adapt two systems of peculiar characteristics, it employed a hybrid methodological approach that can provide expected to systemic adaptation and simultaneously ergonomic intervention support.

For this research we used the methods of ergonomic intervention suggested by Iida (2005) and Mont'Alvão and Moraes (2003), which apply not only anthropometric consistency of the relationship between product and user, as well as the interaction between systems man, job, machine and production environment. Also made use of the Ecodesign strategies to guide the development of the system as well as development of design tools for systemic analogy, which allowed systematic mapping guidelines and procedures to achieve the proposed objectives, resulting in technological adaptation that involves the traditional oven roasting of cassava flour and combustion system for clean burning.

## **2. METHODOLOGIE & RESULTS**

The methods of ergonomic intervention guided by (Iida 2005) and (Moraes and Montalban 2003) allowed to obtain subsidies for understanding the functional issues of the research problem, as well as registering a deeper dysfunctions of the system with respect to task regarding man machine environment considering and sorting problems that influence in their subsystems. Phases of operation of the method are:

- a) Ergonomic Assessment comprises the exploratory phase of mapping the ergonomic problems of the object of study in which the configuration of the Task Man-machine-environment system is analyzed, thereby delimiting the problems and their respective classes. Considered preliminary observation of the workplace, environment and task, allowed to detect probability of worker discomfort. Serving as a basis for ergonomic study cited in the Regulatory Standard No. 17 (NR 17), the Ministry of Labour (Simplified Award).
- b) Ergonomic Diagnosis is the result of assessment Ergonomic where fetch data to confirm or refute the hypotheses and predictions raised (Ergonomic Laudo).
- c) The development of ergonomic design tries to adapt work stations, equipment and tools to the

physical, psychological and cognitive characteristics of the user in general.

e) Ergonomic Breakdown, Fit Ergonomic optimization and seek analysis, assimilation and adaptation of jobs, or existing services to be more productive and less harmful products. This phase includes a review of the project together with all the goals that account for the proposal.

f) Evaluation, validation and / or tests include ergonomic tests returning to users proposals and alternatives developed.

## 2.1 METHODOLOGICAL APPROACH AND ECODESIGN

Ecodesign is a project method that aims to avoid or reduce the adverse environmental impacts. Not only to clean, but also and mainly not to make dirty. Both should be envisioned in every phase of the project, in such a way that the results do not generate contradictions.

The reasoning of this investigation was the use of Ecodesign-oriented strategies that can provide means for the development of products ecologically correct Ramos (2001) since it orients the rational use of energy, raw material, biodiversity preservation, residue minimization, the deployment of clean technologies and renewable fuels.

This development took into account two fundamental strategies:

1. the reduction strategy, adopted during the product conception, by making the most of deployment reduction of raw material, natural resources, and by optimizing the residues employment, and;
2. the extension strategy, adopted for increasing the product lifetime.

The reduction strategy is divided into three fundamental branchings forming categories of its action as a concept inherent to product development: use reduction of natural resources, use reduction of energy, and use reduction of residues.

In order to improve the roasting process of manioc flour, we inserted a technological adaptation based on the combination of the traditional roasting process and the clean-burning combustion technology. To achieve this goal, it is necessary to observe the origins of this technology and how it can be seen as a function for development of a productive application.

### 2.1.2 Technological adaptation

The works of Khan et al. apud Borges (1994) showed that the downdraft combustion provides the almost complete wood burning, what makes it different to other traditional burning processes. It occurs by means of morphological and geometrical modifications in the combustion room, achieving the adiabatic combustion temperature and inverting the air flow as one can see in Figure 3.

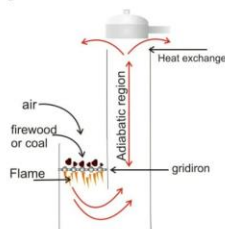


Figure 3. Firewood clean-burning combustion system



The previous knowledge of the elements forming this technology allowed us to adapt it to the traditional roasting system in terms of product configuration. The methods of ergonomic intervention allow us to obtain information for comprehension of the functional questions, detailed recordings for deeper analyses, production cadence, and comfort and hygiene aspects. It has been taken into account the classification of problems.

To understand the universe involving the task of roasting the manioc flour and the cultural context of the task executors, it was necessary to visit a number of manioc flour houses since the research has an experimental and applied character.

To get a better comprehension of the cultural context, we developed a methodology for data collection. In order to get statistically reliable results, we applied the methodology in 30 manioc flour producers, randomly selected in Amazonas state. More specifically in the rural municipalities of Iranduba, Rio Preto da Eva and Manaus. The collected information provided us to outline the social and economical profile of the producer, to know aspects related with the production and commercialization of the manioc flour, as well as the destination of the generated residues.

Taking as a starting point the observations of the man-task-machine furnace system in the manioc flour house, different classes of problems were found: interface, instrumentation, usability, movement, displacement, architectural, environmental and biological, accidents and operational aspects.

The problems detected yielded malfunction of the system, and can be classified as: a) thermal discomfort; b) air pollution; c) risks for the health of the users and their families; d) accidental risks and; e) lack of productive efficiency.

The structural configuration of the traditional furnace has cylindrical walls, one meter high, approximately 30 to 40 cm breadth. There is a circular opening of approximately length of 150 cm. A plate made of iron is used as a pan, and its dimensions vary according to the diameter of the furnace, and can be easily found in the local commerce.

### **3. PROJECT DEVELOPMENT**

The development of a systematic project, suggested by Bonsiepe (1986), consists of analytical phases composed by checklists, product analysis regarding its use, diachronic analysis, synchronic analysis, structural analysis, functional analysis, and morphological analysis. After carrying out these analyses, we defined the problem by elaborating a list of requirements, structuring the problems to construct a hierarchy.

However, the application of the conceptual project method for this study was restricted to a structural analysis that consists of recognizing and comprehending the types and the number of subsystems components, assembly principles, union types, types of product bodies, and the problem definition.

In the sequence, by grouping the project requirements into profiles according to similarities, the project was structured and its parameters were defined. It is possible, in general, to represent this structure by means of a hierarchical tree that establishes priorities for meeting the requirements. This approach is necessary since almost always the profiles are antagonistic, and the optimization of a factor can lead to a under optimization of another factor. The interaction among the factors can be presented in matrix form, indicating positive, neutral or negative interactions.

From the problem definition, we made use of a tool suggested in Baxter (2001) for structuring the problem, through the functional tree of the product. The tool allow us to proceed with the fusion of questions that justify and point out the requirements and the project parameters, formatted by means of a parallel approach frame.

The execution of the analysis of the traditional manioc flour roasting system from the modeling of its functional tree, allow us to compare the actions according to its levels, as a function of its characteristics and single components.

The modeling of the product functions confirm the main and secondary activities of the manioc flour roasting system, allowing us the elaboration of the requirements and parameters according to the objectives previously established. Therefore, by analyzing the actual system aiming to improve it, it is defined what the new (improved) system must have to fulfill the necessities that establish the concepts of the new system.

### **3.1. Conception and tests**

We conceived two alternatives for the innovative furnace, one manual and other mechanized. Both alternatives have significant differences concerning:

- The support dimensions of the furnace;
- Mechanized or manual pan;
- Combustion room (burner);
- Adaptations for the photovoltaic panels to put in movement the shovels of the pan.

The mechanized alternative is oriented to the average and big producer depending on the initial investment necessary to construct the system. However, it is worthwhile to emphasize that the initial costs are compensated in a medium or long term since the productivity improvement achieved by means of the proposed new (innovative) system will soon bring benefits to the producer.

Towards the necessities of the small manioc flour producer concerning the economical aspects, we proposed, developed, and implemented a manual option, which characteristics fit into the standards that make the system feasible.

The evaluation tests of the new system had as objective to verify whether the expected results were achieved. The experiments evaluated the system response concerning the requirements earlier established and listed in Table 1.

#### **3.3.1. The first phase of manioc flour roasting**

The first phase of the manioc flour roasting process is the scalding. Its main function is to eliminate the water found in the raw manioc mass, process that occurs by means of evaporation. Figure 4 shows the first phase executed by a task executor.

During the scalding process of the manioc flour roasting, we measured the furnace temperature, for the sake of verification and control.



Figure 4: Demonstration of the first phase of the manioc flour roasting process (scalding).

#### **3.3.2. The second phase of manioc flour roasting**

The second phase of the manioc flour roasting process occurs when the water inside the mass is eliminated, and the mass becomes crunchy. This quality level is a de facto standard culturally established

in the region and varies depending on the type of the manioc. This phase is characterized by a dried and crunchy mass, and it is simply called roasting. Figure 5 shows the execution during the second phase.



Figure 5: Demonstration of the second phase of the manioc flour roasting process (roasting).

### **3.2. Production of fish flour – piracuí**

Piracuí is a concentrated protein formed from the muscles of the fishes. After the piracuí has been dried and shredded, it becomes an important source of protein in the food habit of the local population, especially the population with low income. For each 100g, 70g provides protein of excellent digestibility. The piracuí production keeps practically the same, in a handmade and rustic manner, with technological limitations, giving rise to sanitary and commercial constraints.

People from the communities received orientations for the utilization of the innovative furnace. The objective of these orientations was to make clear the procedures for feeding the combustion room, temperature control, and system maintenance, including the withdrawal of the remaining ashes after the wood burning process. The piracuí mass was sifted and put on the furnace, where it was roasted during approximately 60 minutes at the temperature around 90°C. This procedure is demonstrated in Figure 7. The temperature control was made manually, and the measured values conditioned the feeding of the combustion room.



Figure 7: Roasting of fish flour.

#### **4. RESULTS AND FINAL REMARKS**

The results of this project were evaluated taking into account the indexes considered essentials for the achievement of the established objectives.

Among them, we can list the improvement of the production process; the evaluation, project and construction of an innovative furnace, aiming to get both productive and energetic efficiency; to make more comfortable the task execution, respecting the cultural concepts of the system use, as well as offering an economically feasible alternative for the small, medium and large producer.

According to the analyses done in the manioc flour houses, the environment temperature resulting from the traditional burning process after the begin of the combustion varies from 35,2°C a 41,1°C, that is, during the roasting process the task executor is steadily exposed to temperatures above the comfort standard to heat exposition that establishes an average around 25,1°C and 25,9°C.

The temperature analysis took by making use of some prototypes of the innovative furnace indicated a temperature in the lateral face very close the environment temperature, which means that the improvements provided a positive change with strong influence over the conditions of the task execution.

We observed that innovative furnace reduce the baking time, also, the mechanized process diminishes the time that the producer is involved with the activity, and this time can be used for a more productive activity as there is less fatigue and better work conditions.

While the technology of adiabatic combustion theoretically produces no smoke, our adaptation promoted a significant reduction of smoke in the environment. The gain reduced the risk of burns due to the reduction of the temperature of the walls of the furnace and decreased the area where occurs the combustion of firewood.

Traditionally, electricity produced in the Amazon region comes from diesel-based generators, though it represents the most incompatible option with the reality of the region.

A challenging alternative to this scenario is the deployment of photovoltaic panels. Commonly, this technology has a restricted application associated with comfort and entertainment due its inherent high costs.

The investigated solution presented in this work will change this context by introducing a technology that uses renewable energetic resources, since the mechanized alternative of the manioc flour roasting furnace uses photovoltaic cells to put in movement the shovels of the pan..

The wood utilized in the traditional furnaces comes from tree downfalls without reposition. The proposed innovative furnace reduced this quantity since preliminary tests pointed out that the deployment of pieces of kindling would be sufficient, and they can be found around the communities. This way, it was possible to evaluate comparatively the wood consumption though measurements during the tests.

For the sake of comparison, the traditional surfaces consume approximately 50 kg of wood to produce a backing while the innovative furnace consumes around 16 kg of wood, representing an economy of 30%. This information confirms that the downdraft burning guarantees a more efficient wood combustion that is, one can obtain more heat with the same quantity of raw material.

In summary, we verified that the deployment of the innovative furnace in the execution of the roasting productive process of both the piracuí and the manioc flour, yielded positive improvements since there was no alteration of the product quality. Moreover, it was possible to find that implementation of the innovative furnace offers significant advantages in terms of task execution as well as comfort and efficiency of the task execution.

## REFERENCES

- [1] TOLEDO, J.C., Gestão da qualidade na agroindústria, In: Batalha, M.O. (org), Gestão Agroindustrial, São Carlos: Ed. Atlas, 2001, segunda edição, Vol. 1.
- [2] CLELAND, D. I. e IRELAND, L. R. *Gerência de projetos*, Traduzido de *Project Manager's Portable Handbook*, Rio de Janeiro: Reichman & Affonso Editores, p. 179 -180, 2002.
- [3] CIA, G. *O conceito do produto, mercadoria e iguaria na cadeia dos alimentos*, II Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, São Carlos, Anais do II CBGDP, p.309-310, 30-31 ago. 2001.
- [4] RAMOS, Jaime. *Alternativas para o projeto ecológico de produtos*. Florianópolis, 2001.
- [5] BORGES, T. P. F., *Fogão a Lenha de Combustão Limpa*. MSc. Thesis. Universidade Estadual de Campinas. 1994.
- [6] BONSIPE, Gui e outros. *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1986.
- [7] "Inovação Tecnológica em casa de farinha" desenvolvido com apoio da FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, por profissionais do Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico – CDEAM da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.
- [8] BAXTER, Mike. *Projeto de Produto – Guia Prático para o Design de Novos Produtos*, 2ª. Edição, Editora Edgard Bluecher. 2000.



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

Procedia Manufacturing 00 (2015) 000–000

Procedia  
MANUFACTURING

[www.elsevier.com/locate/procedia](http://www.elsevier.com/locate/procedia)

6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015

## Ecoefficiency and Environment Ergonomics to the production of ceramic bricks in the Brazilian Amazon

Sheila Mota<sup>1</sup>, Bernabé Hernandis<sup>2</sup>, Karla Mazarelo<sup>3</sup>, Vânia Batalha<sup>4</sup>, Lizandra Vergara<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n Número, Valencia, 46022, Spain

<sup>2</sup>Federal University of Amazonas, Av. General Rodrigo Octávio, 6200, Coroado I, Cep: 69077-000

<sup>3</sup>Federal University of Santa Catarina, Campus Reitor João David Ferreira Lima, s/n, Florianópolis - SC, 88040-900, Brazil

### Abstract

This paper presents an ecodesign strategy concerning the improvement in the production efficiency of structural ceramic using traditional kilns in the Brazilian Amazon region. We propose to reduce the consumption of firewood or energy inputs during the process of burning ceramic blocks by combining two interventions. First, a technological adaptation of a conventional burning system widely used. Second, the deployment of a clean burning combustion process. Based on ecoefficiency and environmental ergonomics parameters, we derived an analytical geometrization on two types of brick kilns. The primary goal is to develop a systematically, new firing system with aspects that are functional, formal, ergonomic, environmental and technological as well. This research is engaged in creating innovative products based on the three fundamental subsystems of the Concurrent Design Model: formal, functional and ergonomic. The focus is on the definition of all components intervening in the design process to the product specification.

© 2015 The Authors. Published by Elsevier B.V.

Peer-review under responsibility of AHFE Conference.

**Keywords:** Tradicional Kilns; energy inputs; environmental ergonomics.

### Nomenclature

<i>RS</i>	Reference System	<i>InV</i>	Input Variables
<i>OutV</i>	Output Variables	<i>IV</i>	Information Variables
<i>AV</i>	Action Variables	<i>SS</i>	Subsystem
<i>VU</i>	Volume of Use	<i>US</i>	Use Surface
<i>BS</i>	Boundary Surface	<i>FS</i>	Fundamentals Systems
<i>ErSS</i>	Ergonomic Subsystem	<i>FoSS</i>	Formal Subsystem
<i>FuSS</i>	Functional Subsystem	<i>OS</i>	Outer System
<i>EV</i>	Essencial Variables	<i>FuO</i>	Functional Objectives
<i>ErO</i>	Ergonomical Objectives	<i>FoO</i>	Formal Objectives

2351-9789 © 2015 The Authors. Published by Elsevier B.V.

Peer-review under responsibility of AHFE Conference.



## 1. Introduction

The burning phase is considered one of the most important stages of the whole production process of ceramic blocks. Various properties of clays manifest through physical, chemical and mechanical changes caused by the action of heat from the fire. This research analyzes two traditional systems of ceramic cooking, proposing an analytical systemic geometrization based on the method suggested by [1],[2] and [3].

This method is based on oriented practices, more accurately, for the analysis and development of functional, formal and ergonomic aspects of the production of bricks and tiles. The ecodesign practice provides the means for this to be possible, serving as a strategic approach to the target project.

As we seek to improve production efficiency, we consider some approaches to reduce firewood consumption or energy inputs in the firing phase of the ceramic blocks. Based on the results of this intervention, we propose the creation of a more efficient burning process, through technological adaptation between conventional system already used in the region and the combustion process by clean burning [4].

The result of this work significantly helps the development of the suggested product, from conception to production. The primary objective is to enable the reduction of adverse environmental impacts arising from the process of burning the blocks and ceramic tiles.

The results can also contribute significantly, both for the society and for the science. The former will have access to an efficient and thermally comfortable eco product. The latter will be the scenario for discussions and prototyping, addressing another production of sustainable nature.

## 2. Teoric Basis

The traditional bricks industry employs as primary fuel the native wood (50%) and wood waste (40%): chips, sawdust, briquettes and other waste. Industrial data indicate a trend to increasing use of wood from reforestation in order to achieve energy sustainability, leading to a surplus of biomass for wood marketing. However, according to [5] there is still a need for interventions by the public sector with respect to the development of reforestation programs in the Amazon facing this industry segment.

The ceramic block, also known as eight-hole brick, is the ceramic product most consumed in Manaus. 90% of the blocks come from Manacapuru and Iranduba, cities located on the right bank of the Rio Negro. The production is distributed as follows.

- 1) 25% are large brick kilns, with a production capacity of up to 50,000 bricks per day;
- 2) 25% are medium-sized potteries, with an average capacity of 30,000 bricks daily;
- 3) 50% are small potteries, which are no more than 10,000 bricks per day.

However, this material causes a high loss rate in construction, reaching an average of 13% [5].

According to the [6] most of the red ceramic companies in the Amazon are configured as micro and small enterprises, lacking the advances in technological modernization and/or administrative. Most of the companies are organized as a family business, where both the owners as employees perform diverse functions.

The ceramic poles from the regions of Ariáú, Cacaú-Pirêra, and Iranduba, gather 27 companies. More than half of these companies is installed on Cacaú-Pirêra, on the right bank of the Rio Negro, in front of Manaus, the capital city of the state of Amazonas. This productive cluster promotes local economic development and may soon become a single local productive arrangement (APL)[6].

Regarding the average cost of the ceramic industry in the Amazon region, the consumption of wood and derivatives stands out among indicating the low efficiency of furnaces and high cost of this input. Unlike the high costs of electricity, the administrative and trading costs are low. This relationship occurs due to the small administrative structure and the lack of a formal commercial structure in the most companies [7].

Among the main issues affecting the ceramic industry, especially the segment of red ceramic, is the low quality of products, observed in a significant portion of production. The main reason is the lack of conformity of brick dimensions and mechanical strength, up to the specifications of a relevant quality standard. This fact creates significant losses during the production process [8].

It was observed in one of the factories visited, the energy source used to burn the blocks is almost 100% made up of wood waste from construction. This fact allows the reduction of company expenses because it generates no wood purchase costs, which most often comes from regions not replanted.

The technological adaptability proposed by this work is made by integrating a combustion system for clean burning process and the burning of structural ceramics. This integration aims to reduce the energy inputs of the ceramic cooking, while maintaining the quality stated in quality standards [9]. As a result, it is expected to achieve productive efficiency, economic and environmental gains.

### 3. Methodological Approach

For this work, we employ a hybrid approach due the design of a new firing system for structural ceramics incorporating descriptive elements of theoretical and observational basis. The preliminary design that generated the conceptual elements is based on the use of analytical techniques, according to [1]. The goal is to clarify the architectural design problems, collecting and interpreting information that is relevant to the project.

However, the application of the conceptual project method for this study was restricted to a structural analysis that consists of recognizing and comprehending the types and the number of subsystems components, assembly principles, union types, types of product bodies, and the problem definition

The application of this method was restricted to the structural, functional and morphological analysis. By means of them one can recognize and understand the types and numbers of components of the subsystems involved, as well as the assembly principles, union types and support structures. The functional analysis allowed the technical and physical functions of each subsystem to be evaluated, including ergonomics (macro analysis) from the viewpoint of environmental ergonomics. Based on these analyzes, the arising information made up the sub-systemic structure absorbed by the competitor design model [2] and [3].

Initially, we technically analyzed the Dome and Paulistinha ovens, according to guidelines of [1]. The aim is to clarify the architectural design problems, collecting and interpreting information that is relevant to the project, based on the evaluation of the production processes of bricks, especially the burning process in traditional ovens. The collection and organization of data builds a piece of knowledge will be processed in accordance with the CDM model, suggested by [1].

The DCM model proposed by [1] apud [10] is based on the general system theory for the creation of innovative products (Figure 01).

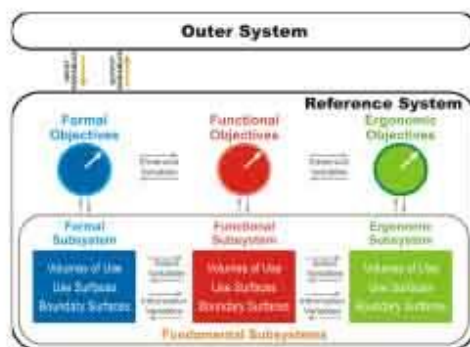


Figure 01: Theoretical Modeling. Source: adapted from Hernandez [3]  
Source: Rivara et al (2015)



Following the implementation of the DCM, were detected OS the definitions of system (OS1,2,3,4,5), which reflect the relationship with the environment, on which it will realize that the needs observed interfere also on aspects external production. This OS consists of five factors, whose relations give scientific technical subsidy to define the objectives reported following this.

OS1 - technical and technological aspects of structural ceramics production (polo tiler Iranduba and Manacapuru - Manaus AM);

OS2 - legislative and regulatory aspects;

OS3 - Market Aspects;

OS4 - Aspects packaging and shipping the final product;

OS5 - Collection and handling of raw material.

After detecting the OS are extracted from the input variables, which means the needs observed in the factory floor and, based on specific technical scientific studies therefore these variables become a demand for improvement. What are these: *InV* 01 - Improving inefficient production (SE1, SE5, SE6); *InV* 02 - technologically innovate the firing process (SE1, SE2); *InV* 03 - Need to use large amounts of energy inputs (wood, wood and industrial waste) (SE1, SE2, SE5, SE6); *InV* 04 - Final product of low quality (SE1, SE2, SE3, SE5, SE6); *InV* 05 - Loss of productivity due to failures during the production process and transport / shipping / packaging of the final product (SE1, SE4).

From the theoretical concept and continuing implementation of DCM seeks to develop an innovation for brick kilns, adopting ecodesign premise and adaptation between the current system and the combustion technology for clean burning.

Focuses on the definition of all stakeholders components in the design process, to define the product. The information processed determines the formal, functional and ergonomic aspects of the product as major subsystems in the attribute formulation. These characteristics interact by means of internal variables to form a solution. Such an approach is justified by the possibility of examining the variables required for product design. In this way, it becomes possible to relax the design process, continuously updating the system state.

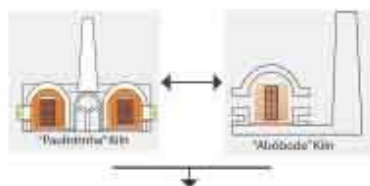
Ecodesign is a project method that aims to avoid or reduce the adverse environmental impacts. Not only to clean, but also and mainly not to make dirty. Both should be envisioned in every phase of the project, in such a way that the results not generate contradictions. The reasoning of this investigation was the use of Ecodesign-oriented strategies that can provide means for the development of products ecologically correct [11] since it orients the rational use of energy, raw material, biodiversity preservation, residue minimization, the deployment of clean technologies and renewable fuels.

This development took into account a fundamental strategie. Means the reduction strategy, adopted during the product conception, by making the most of deployment reduction of raw material, natural resources, and by optimizing the residues employment.

#### 4. Identification and analysis of furnace operator activities

Considering the lack of a standard pattern from the ceramic kiln in various companies of the traditional potter sector, one can observe non-uniform measures and the amount of constituent elements among them. Each company builds its furnace from a basic model and adapt it to their productive characteristics. This research aims at evaluating the activities of the operator of the burning of bricks and tiles system, from systematic observations of the burning process. To achieve this goal, we studied the operation flow that reflect the operator interaction with the system and the environment around.

After the structural and functional analyzes of traditional igloo type brick kilns, we detected favorable and unfavorable characteristics between both systems evaluated. Considering the current aspects of production (Figure 02), it was possible to detect non-usual points, represented as positive and negative in figure 03. The positive points form the conceptual basis for the creation of a new firing system while the negative points are converted into improvement goals and design criteria.



Advantages of both	Disadvantages of both
Relatively economic; Simple design; No calorific stress on the outer walls; Quickly heating; Circular firing chamber that Allows better circulation of the Hot gases; Low cost of investment; Semidetached cameras allows sharing of the hot gases; Adaptability fuel for the burning process.	The need for large amount of wood inputs; High heating velocity, causing excessive burning of the bricks; No registers controls; By hand combustible supply; Heterogeneous heating the firing chamber; Thermal stress in the furnace supply area; Low performance due to the need of large woody combustible quantity or derivatives.

Figure 02: competence matrix (analysis characteristics of traditional kilns)

With respect to the ergonomic aspects of the work over the process of ceramic cooking, the reference is the concept of workstation, covered by [12]. He/she claims that a production unit consists basically of a man, his tool for executing the task, and the environment that surrounds him/her, to compose the basis of ergonomic approach. In this regard, and considering the criteria addressed by environmental ergonomics, we detected which features directly affect the task of the user.

From the system working flow (figure 03), we analysed the aspects involving the system operator in his/her workplace, more specifically his/her relationship with the oven and the process of ceramic firing. The results revealed some accidental risks, and discomfort as well. When evaluating the steps of the burning process for the operator performance, it was clear the malfunctioning of the ergonomic system.

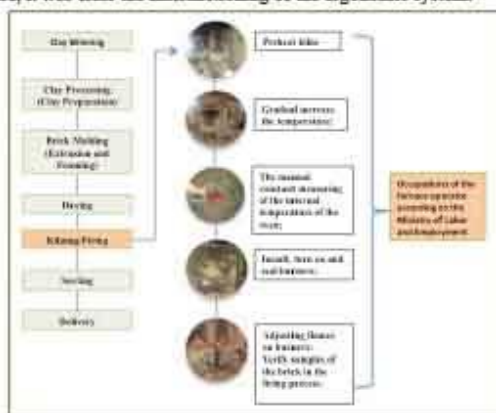


Figure03: Productiv process of traditional brick and the occupations of the furnace operator

The outline of this study composes the macroergonomic analysis and/or the analysis of the task of human-machine systems and task. At this point, one can systematically observing the task activities and behavior records in a real work situation. At the figure 04 is presented a diagnostic of the real operator kilns performance.

At all stages of the burning of bricks process the system operator is likely to suffer serious damage to his/her health by the exposition to accidental risks. According to [13] a person carrying out activities under heat stress presents symptoms such as weakening of the general state of health, psycho-sensory changes, and the reduced ability to production.

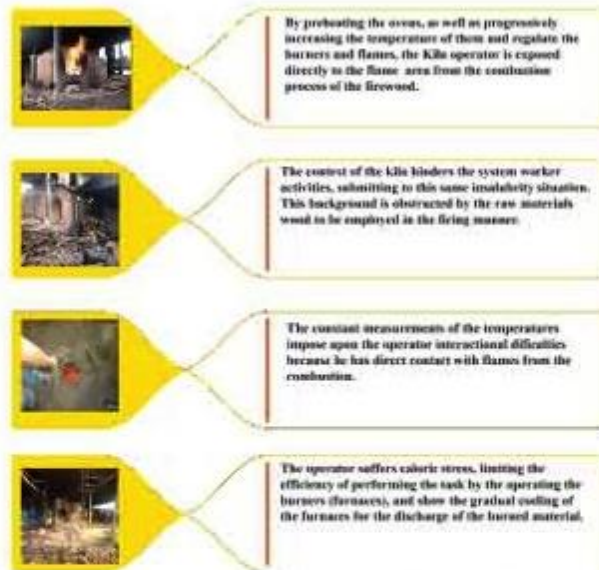


Figure 04: A ergonomic diagnostic of the real operator kilns performance

**Noise:** The intense noise from the auxiliary machinery processing the raw material can affect the tasks that need greater concentration. Tasks requiring attention, speed and accuracy of movement are affected as well. The harmful effects can be observed after two hours of exposure.

**Inadequate lighting:** The luminance level directly affects the physiological mechanism of vision, as well as the muscle that controls eye movements. There are several factors that influence the ability of visual discrimination, such as age and differences among the individuals. It is worth noting the controllable ones at the level of workstations: the amount of light, the exposure time, and contrast between figure and ground.

**Temperature and humidity:** The temperature and ambient humidity directly influence the performance of human labor. Studies conducted in laboratories and the industry prove these influences on both the productivity and the risks of accidents. When the man is forced to withstand high temperatures, his income falls. The working speed decreases, the pauses become larger and more frequent, the degree of concentration decreases, and the frequency of errors and accidents tends to increase significantly, especially from 30 ° C.

The technological adaptability proposed in this work is based on the integration of the combustion system with the clean burning process for burning structural ceramics. This adaptation takes place by means of geometrical and morphological changes in the combustion chamber, making the adiabatic combustion by reversing the airflow.

The works of [14], [15] and [16], showed positive results with respect to the technological adaptation of combustion systems. It is observed in this work that the efficient use of energy and associated clean production, as well as the thermal comfort, responded positively to what was intended.

Therefore, one can infer that the clean-burning subsystem to be adapted will yield production efficiency, given the production demand of Amazon potter sector.

#### 5. Final remarks

The core of this research is the burning of structural ceramics, driven by the strong appeal of sustainable nature. The outcome will aim to give a sound minimization of uneven burning of firewood, air pollution and more efficient production process and better final product quality (brick).

The justification of the choice of dome ovens and zebra fish for this analysis due to its widespread use by small and medium sized companies in the Amazon region. In addition, it is a traditional firing system that needs technological adaptation in order to reduce inputs for cooking. The information presented in this work comes from observations from both the shop floor and direct inquiries to business surveys.

It is worth noting that in the traditional process, due to its rudimentary characteristics, is the productive sector that supplies the growing civil industry sector in Amazonas. However, due to the misfortunes and limitations in the productive context of the traditional structural ceramics, it is even more necessary and justifiable the deployment of tools to assist the development of eco-efficient industrial products. Such tools can reduce the negative environmental impacts, as well as the rational use of natural resources.

While the technology of adiabatic combustion theoretically produces no smoke, our adaptation promoted a significant reduction of smoke in the environment. The gain reduced the risk of burns due to the reduction of the temperature of the walls of the furnace and decreased the area where occurs the combustion of firewood.

The use of concurrent design method for this work allowed both a detailed analysis of the problem in question, and a theoretical and practical modeling. This model will give rise to an innovative system of combustion for structural ceramics. The benefits arising from the contribution of systemic design for the development of a new firing system will be achieved through on going simulated tests on prototypes.



## Acknowledgements

I am grateful for the CNPQ scholarship, process number: 207366/2014-4. Thanks also to the Federal University of Amazonas – Brazil.

## References

- [1] Bonsiepe, Gui e outros. *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1986.
- [2] Hernandis, B. (2003). Tesis Doctoral: Desarrollo de una metodologia sistémica para el diseño de productos industriales. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] Briede, J., & Hernandis, B. (2011). New Methods in Design Education: The Systemic Methodology and the Use of Sketch in the Conceptual Design Stage. *Us-China Education Review*, 8 (11), 118-128.
- [4] Hernandis, B. (2012). Diseño Concurrente. En R. Martins, & J. van der Linden, PELOS CAMINHOS DO DESIGN: Metodologia de Projeto (págs. 327-391). Londrina, Brasil: EDUEL.
- [5] Khan, A. M. Hasan, Shume, E., "et al." (1989): Application of Downdraft Combustion to Woodburning Devices. WSG Publicação Interna vol., 6 páginas.
- [6] FURG, Portal dos alunos de engenharia civil. Materiais – Desperdício. Disponível em <[www.projetoeconstrucao.hpg.ig.com.br](http://www.projetoeconstrucao.hpg.ig.com.br)>.
- [7] SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO ESTADO DO AMAZONAS. Legislação de Incentivos Fiscais do Amazonas. Lei nº 2.826/2003 – Amazonas: SEPLAN, 2009.
- [8] NEAPL – Núcleo Estadual de Arranjos Produtivos Locais – Plano de Desenvolvimento Preliminar APL de Base Mineral – Cerâmico Oleiro – Cidade Polo Iranduba – 2009.
- [9] Silva, Monica Maria Pereira da. Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: da Indústria ao Canteiro de obras. Dissertação Mestrado – Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado Engenharia Civil 2007. Fonte: [http://www.unicap.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=340](http://www.unicap.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=340), acessado em 25/02/14
- [10] Borges, T. P. F., Fogão a Lenha de Combustão Limpa. MSc. Thesis. Universidade Estadual de Campinas. 1994.
- [11] Rivera, Julio. Hernandis, Bernabé. Mota, Sheila. Miranda, Omar. Immaterial elements as drivers of sustainability in products and services. The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering. 2212-8271 © 2015 Published by Elsevier B.V. Conference "22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering.
- [12] Swann, C. (2002). Action Research and the Practice of Design. *Design Issues*, 18, 49- 61.
- [13] IIDA, Iiro. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo. 2a edição. Edgar Blucher LTDA 2005.465p.
- [14] SILVA, R. G. Indústrias cerâmicas de Imperatriz e o meio ambiente: identificação de riscos e impactos ambientais. São Luis: UFMA/SEBRAE, 2002 (Monografia de pós-graduação em Gestão Ambiental).
- [15] Mota, S. C.; Souza, R. C. R.; Martins, G. (2006) - Technical and ergonomic improvements in the furnace design of a manioc flour house. Artigo dos anais do 16th World Congress on Ergonomics – IEA. Associação Internacional de Ergonomia. Holanda. Edited by R.N. Pikaar Eur.Erg., E.A.P. Koningsveld Eur.Erg. and P.J.M. Settels Eur.Erg., ISSN 0003-6870, Elsevier Ltd.
- [16] Mota, S. C. ; Souza, R.C.R. . Inovação Tecnológica e Melhorias no Design do Forno da Casa de Farinha. In: XXVII ENEGEP 2007, Foz do Iguaçu.
- [17] Mota, S.C.; Hernandis, B.; Souza, R. C. R.; Barradas, S. P.; Ergonomic Intervention and Sustainable Innovation. Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014, Kraków, Poland 19-23 July 2014 Edited by T. Ahram, W. Karwowski and T. Marek. Pages 7130-7138.

## O Design Sistêmico como método de inovação aplicado a fornos tradicionais de cerâmica vermelha no Amazonas – Brasil

**Cordeiro-Mota, Sheila<sup>a</sup> & Hernandis-Ortuño, Bernabé<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>PhD candidate at Universitat Politècnica de Valencia, Espanha.  
sheimota@yahoo.com.br.

<sup>b</sup>PhD, Full Professor, Universitat Politècnica de Valencia, Espanha.  
bhernand@degi.upv.es.

### Resumo

*Este trabalho analisa alguns sistemas tradicionais de cocção cerâmica, propondo uma nova configuração sistêmica. Mediante a avaliação da produção de blocos cerâmicos, tomamos como foco de pesquisa o processo de queima em fornos tradicionais, levando em consideração questões econômicas e sociais do Amazonia brasileira. Esta pesquisa tem como propósito, desenvolver um novo sistema, considerado eco-eficiente e sustentável, unindo o que é tecnicamente viável na área de tecnologias limpas, com o que é culturalmente desejável em relação aos produtos sem prejudicar os usuários de seus sistemas, bem como as relações sociais de produção que estão envolvidas durante o processo. Com base em dados levantados a partir de visitas técnicas realizadas as empresas de cerâmica da região do Iranduba e entrevistas a expertises do setor a nível nacional, observou-se outros aspectos que prejudicam a qualidade do processo de cocção cerâmica. Geralmente se utilizam fornos com queima ineficiente da lenha ou outros insumos energéticos, resultando em uma série de inconvenientes que comprometem o desempenho produtivo e econômico, causando danos ambientais, sobretudo quando se trata das pequenas e médias empresas. Em se tratando de uma análise sobre o estudo de caso, a interpretação dos dados coletados se caracteriza por um esquema não rígido, considerando que os elementos envolvidos compõem blocos conceituais que visam gerar os requisitos e parâmetros considerados essenciais a projeção de um novo sistema de queima cerâmica. Buscando materializar as necessidades e objetivos do projeto, se lançou mão do modelo de Design concorrente, abordando os aspectos formais, ergonômicos e funcionais do sistema, incorporando a estes o contexto social, econômico, tecnológico e ambiental.*

**Keywords:** Design, estudo sistêmico, fornos olaria.

---

## **Abstract**

This work analyses some traditional brick kilns cooking systems, and proposes a new systemic configuration. Upon evaluation of the production of ceramic blocks, we took the burning process in traditional ovens as the research focus, taking into account economic and social issues of the Brazilian Amazon. This research aims to develop a new system, that can be considered both eco-efficient and sustainable. By putting together what is technically feasible in the area of clean technologies, what is culturally desirable for products without harming the users of their systems, we respect the social relations of production involved in the process. Based on data collected from technical visits in the ceramic companies of the Iranduba region, as well as the results of interviews with the expertise of the national industry, we detected other aspects affecting the quality of the ceramic firing process. In general, the stoves use inefficient burning of wood and other energy inputs, yielding a number of drawbacks that compromise the productive and economic performance, causing environmental damage, particularly when it occurs in small and medium enterprises. In this case study, the interpretation of the collected data is characterized by a non-rigid scheme, considering that the involved elements make conceptual blocks aimed at generating the requirements and parameters considered essential to design a new ceramic firing system. To realize the needs and objectives of the project, we made use of the concurrent model design, by addressing the formal, ergonomic and functional system aspects, and incorporating the social, economic, technological and environmental contexts.

**Keywords:** Design, systemic study, bricks kilns.

## **1. Introdução**

Segundo dados da NEAPL/AM, 2009, a maioria das empresas de cerâmica vermelha do Amazonas, se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos avanços da modernização tecnológica e/ou administrativa. Em sua maioria, as empresas estão organizadas com estrutura familiar, onde tanto os proprietários quanto os empregados exercem funções diversificadas.

Os aglomerados produtivos que juntos poderão evoluir para a formação de um único Arranjo Produtivo Local – APL, são compostos pelos Polos cerâmicos do Ariaú, Cacau-Pirêra e Iranduba, onde se encontram instaladas 27 empresas cerâmicas, das quais mais da metade está instalada no Polo de Cacau-Pirêra, na margem direita do rio Negro, frontal à sede municipal de Manaus (SEPLAN, 2009).

O setor da cerâmica vermelha emprega como combustíveis, principalmente a lenha nativa (50%) e resíduos de madeira (40%): cavaco, serragem, briquetes e outros resíduos. Dados do setor apontam uma tendência no aumento do uso de lenha de reflorestamento visando à sustentabilidade energética do empreendimento e levando a um excedente de biomassa para comercialização de madeira, contudo essa é uma tendência que não se aplica ainda ao âmbito de estudo desta pesquisa, havendo ainda necessidade de intervenções por parte do setor público, no que tange ao desenvolvimento de programas de reflorestamento no Amazonas voltado para esse segmento da indústria ou demais segmentos (SEPLAN - AM, 2009).

O bloco cerâmico também é conhecido como tijolo de oito furos, sendo este o produto cerâmico mais consumido em Manaus, onde 90% destes blocos provêm da região de Manacapuru e Iranduba. Esta produção abastece quase totalmente a capital, cuja distribuição da produção se divide do seguinte modo: 25% são de olarias de grande porte com capacidade de produção que pode chegar a 50.000 tijolos por dia; 25% são de olarias de médio porte com capacidade média de 30.000 tijolos diários; e os 25% restantes são de olarias de pequeno porte que não passam de 10.000 tijolos por dia. Porém, esse material é um dos que ocasiona um elevado índice de perda na construção civil, chegando a um valor médio de 13% (FURG, 2005).

Em relação ao custo médio da indústria cerâmica da região, o consumo da lenha e derivados se destaca dos demais, indicando baixa eficiência dos fornos e alto custo desse insumo. Também se observa os custos com energia elétrica, contudo os custos administrativos e referentes a comercialização são baixos. Essa relação ocorre em razão da pequena estrutura administrativa e ausência de estrutura comercial na maioria das empresas (NEAPL/AM, 2009).



---

Dentre as principais questões que afetam o Setor Cerâmico, principalmente o Segmento de Cerâmica Vermelha, destaca-se a baixa qualidade dos produtos, observada em uma parcela significativa da produção, em função das grandes variações dimensionais e baixa resistência mecânica observada. Este fato gera grandes perdas durante o processo produtivo. (SILVA 2007). Dentre outros fatores que influenciam essa baixa qualidade dos blocos cerâmicos, há a natureza do material utilizado, sendo a fase da queima o processo mais crítico conforme observado durante as visitas técnicas realizadas às empresas da região.

Este artigo apresenta um recorte da pesquisa, destacando uma avaliação, por parte de especialistas do setor da indústria de cerâmica vermelha, sobre os processos tradicionais da produção de cerâmica vermelha, especificamente sobre os sistemas de queima ainda utilizados pelas pequenas e médias olarias a nível de Brasil. , considerando como ambiente de estudo o Pólo oleiro de Iranduba e Manacapuru, cidades próximas a Manaus, capital do Estado do Amazonas – Brasil.

Esta pesquisa se delimita aos aspectos tecnológicos sobre o processo de produção de blocos cerâmicos em fornos tradicionais que fazem uso de insumos madeiros e que apresentam as respostas a partir de um estudo sistêmico, com base no Modelo de Design Concorrente (Hernandis 2003). O estudo realizado propõe uma adaptação tecnológica entre os sistemas de queima, que funcionam a partir do modo de queima com a chama em sentido descendente e o sistema de queima conhecido como downdraft, de acordo com os trabalhos de Khan et al (1989) apud Borges (1994), citado por Mota et al (2015), os quais demonstraram que a combustão por processo downdraft propicia a queima da lenha praticamente completa, diferenciando-se entre os processos de queima tradicionais. Esta ocorre por meio de modificações morfológicas e geométricas na câmara de combustão, tornando a combustão adiabática e invertendo o fluxo de ar.

## **2. Abordagem Metodológica**

Em razão da concepção de um novo sistema de queima para cerâmica estrutural, considerando os aspectos relativos ao método de pesquisa utilizado, lançou-se mão de uma abordagem metodológica híbrida, incorporando a esta elementos descritivos de base teórica, observacional e de cunho qualitativo por meio de pesquisa junto a expertises e empresários do setor da cerâmica vermelha a nível nacional e local.

Esta pesquisa analisa dois sistemas tradicionais de cocção cerâmica, propondo uma geometrização sistêmica analítica com base no método sugerido por Hernandis (2003), cujo propósito se fundamenta sob as práticas orientadas para

analisar e desenvolver com mais especificidade os aspectos funcionais, formais, ergonômicos, culturais, sociais e tecnológicos do produto. Os resultados preliminares desta aplicação gerou um novo modelo respeitando os parâmetros conceituais do sistema em estudo.

O modelo de design concorrente, baseado na teoria geral de sistemas, proposto por Hernandis (2003) para a criação de produtos inovadores, representado pela figura 01, centra-se na definição de todos componentes intervenientes no processo de design, para definir o produto. Com base em toda a informação recopilada, definem-se os aspectos formais, funcionais e ergonômicas do produto como subsistemas principais na formulação de atributos e na emissão de variáveis que circulam dentro de um sistema vivo para a formulação de uma solução (Paixão-Barradas, Pacheco, & Hernandis, 2012) apud (Mota et al 2015) e (Rivera et al 2015). O uso de um modelo sistémico específico, como este, justifica-se pela possibilidade que este oferece em poder examinar as variáveis necessárias para o design do produto, considerando a dinamicidade e constante atualização que os produtos devem possuir para manter-se no mercado ou cativar outros mercados. Uma forte característica deste modelo é sua plasticidade através da retroalimentação das informações e conseqüentemente do feedback de todas as partes que compõem o modelo, nas quais as próprias variáveis se tornam nas responsáveis por analisar, comprovar e manter todo o sistema ativo e controlado (Pacheco, Hernandis, & Paixão-Barradas, 2012). Tomando como referência as definições de Briede e Hernandis (2011), as análises dos subsistemas e relações comuns entre os dois tipos de fornos estudados, demonstram como a partir da definição abstrata, inicial do projeto, elementos comuns podem ser definidos para uma representação maior de produtos, independentemente de suas características de forma. (BRIEDE e HERNANDIS, 2011).

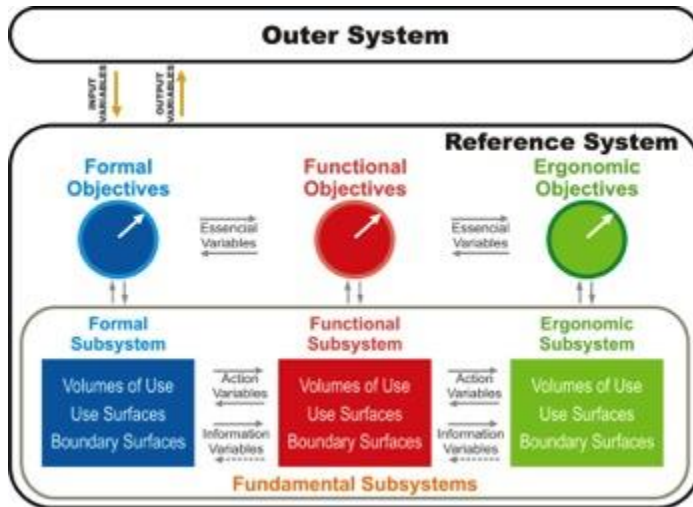


Fig. 1 Modelo de Design Concorrente. Fonte: Adaptado de Hernandis (2003) e Rivera et al (2015).

Esta fase da pesquisa, corresponde aos aspectos práticos, especificamente as fases de coleta e compilação de dados em busca de informações junto a especialistas, bem como no desenvolvimento de uma aplicação, seguindo os conceitos estabelecidos pelo modelo de design concorrente. Desta forma se evidencia descritivamente as variáveis essenciais e informacionais do sistema em estudo, para propor um novo conceito que atenda os objetivos da pesquisa. Ficou estabelecido, por meio do percurso metodológico atribuído a esta pesquisa, que as variáveis que alimentam e movimentam este sistema teria como fonte os resultados das pesquisas teóricas, por meio de consulta bibliográfica, pesquisa de campo e entrevistas a expertises do setor da indústria e da pesquisa, assim como empresários do pólo oleiro estudado. Os objetivos que direcionam a pesquisa prática no que se refere a entrevista a especialistas, busca analisar por meio de uma estrutura de questionários virtuais, basicamente três objetivos principais, estando presentes em todos os contextos, quais sejam: a) avaliar o que existe; b) levantar as necessidades para resolução do problema e; c) validar as questões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo. Antes de elaborar o instrumento da entrevista, buscou-se entender os fundamentos psico-sociais que envolve o processo de entrevistas. O desenvolvimento do instrumento de pesquisa a especialistas obedece a uma estrutura lógica, conforme sugerido por Dillman (1978, p. 12), que afirma: ... “o processo de mandar um questionário a respondentes em potencial, conseguir que completem e devolvam o questionário de maneira honesta pode ser visto

como caso especial de ‘troca social’”. Complementando a abordagem, o mesmo autor também coloca que há três fatores que devem ser considerados a fim de maximizar a qualidade das repostas (Dillman, 1978, p. 18), como por exemplo: reduzir o custo de resposta por parte do respondente, recompensar o respondente e estabelecer confiança.

O questionário elaborado considera o objetivo da entrevista em termos dos conceitos a serem pesquisados e da população-alvo. Utilizando-se como ponto de partida as considerações de Schuman & Kalton (1985), resumidas na Figura 02. Diante do esquema que esclarece a relação existente entre os elementos que constituem uma entrevista, apresenta-se na seqüência seus objetivos, os conceitos derivados destes, bem como a identificação da população e da amostra. Também se apresentam os elementos técnicos da entrevista, como: a) Os itens da entrevista, representados pelas questões / perguntas do instrumento, constantes anexados ao relatório final desta pesquisa; b) O modo de administrar, representado pelo meio de difusão da entrevista (questionário online); c) Método de edição e codificação dos dados; d) Método de processamento dos dados e e) Análise dos dados por meio de representação gráfica.

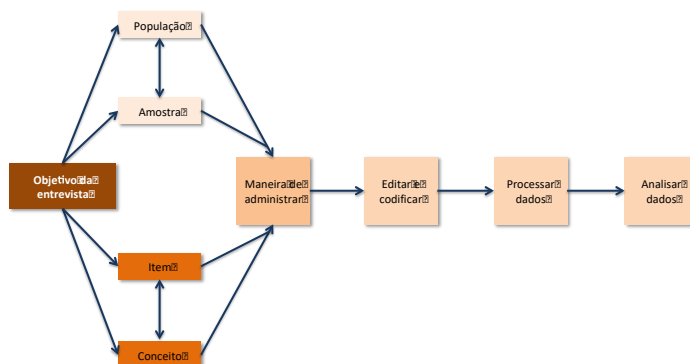


Fig. 2 Arquitetura conceitual de uma entrevista. Fonte: Schuman & Kalton (1985)

O objetivo principal desta entrevista foi coletar dados que consolidassem as informações sobre a temática desenvolvida na pesquisa. Os itens da entrevista envolvem os aspectos relacionados ao processo produtivo com ênfase na queima em fornos tradicionais. Desta forma foram analisados os aspectos tecnológicos, ergonômicos, ambientais e culturais, compondo parte do contexto investigativo para o desenvolvimento de um modelo de forno mais eco eficiente,

---

que responda sobretudo as necessidades de desenvolvimento sustentável para este setor.

O universo estudado, seleção e tamanho da amostra investiga um grupo de especialistas e empresários locais, que pelo critério de tipicidade faz parte do contexto investigado. Foram selecionados 18 expertises das áreas de tecnologia cerâmica, ciências ambientais, ergonomia industrial, materiais industriais, engenharia civil e engenharia de produção, assim como 8 empresários de pequeno e médio porte do Polo Oleiro de Iranduba. O tipo de amostra dentro do espaço amostral definido se caracteriza como não-pro balística, ou seja, selecionada pelos critérios de acessibilidade e tipicidade.

O processo de análise e interpretação dos dados desta pesquisa varia em função dos diferentes aspectos que estruturam a mesma, e seguem os passos orientados por Carvalho e Vergara, 2002, p. 84.

### **3. Discussão dos resultados da entrevista a expertises e empresários do setor da cerâmica industrial.**

O método de pesquisa qualitativa utilizada se caracterizou como: a) Estudo de Caso: Este método de pesquisa qualitativa é um estudo profundo de um indivíduo ou fenômeno específico no seu contexto de vida; b) A Coleta de dados: Entrevistas – Questionários escritos e estudos indutivos sobre aspectos, percepções e pensamentos observados a partir dos estudos em pesquisa exploratória e; c) Organização da entrevista. em 4 (quatro) blocos conceituais, abordando os aspectos relacionados a pesquisa, cujos gráficos encontram-se anexado ao relatório de pesquisa geral e que por uma questão didática não se insere aqui neste artigo.

As primeiras questões apresentadas aos especialistas, conforme mostra o gráfico 01, detectou o nível de aceitação dos sistemas tradicionais de cocção cerâmica, que ainda fazem uso de combustíveis lenhosos. Os resultados da entrevista apontam que estes sistemas ainda são indispensáveis para o abastecimento da cadeia produtiva, considerando que grande parte dos produtores de tijolos e telhas, dentro do âmbito nacional, ainda fazem uso destes sistemas por questões de viabilidade técnica e sobretudo econômica.

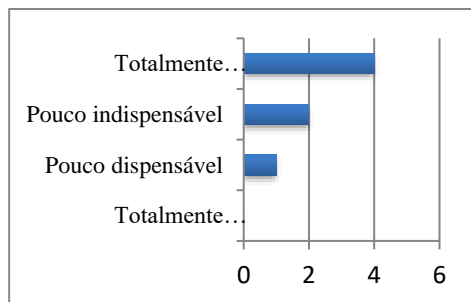


Gráfico 1 O nível de aceitação dos sistemas tradicionais de cocção cerâmica

Conforme apresenta o gráfico 02, os expertises corroboram com os dados apontados pela literatura consultada (VASCONCELOS et al 2012), estes fornos ainda predominam o segmento da indústria cerâmica nacional. Desta forma pode se dizer que o desenvolvimento de um sistema de queima ecoeficiente irá contribuir de forma significativa para o setor a nível nacional. Isso fortalece a ideia desenvolvida por esta pesquisa, que é tornar mais eco eficiente o sistema tradicional da queima cerâmica.

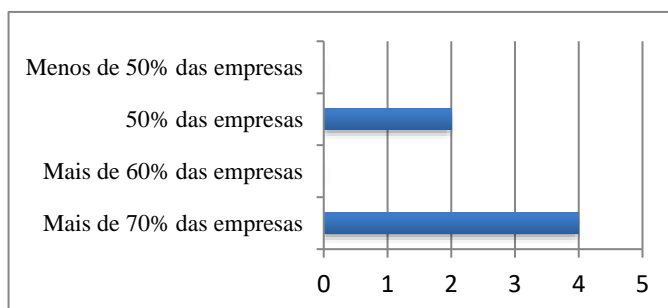


Gráfico 2: Predominância dos fornos de queima tradicional no cenário nacional.

Considerando a hegemonia da área de conhecimentos dos expertos entrevistados, são agrupados por blocos os aspectos tecnológicos, ergonômicos, ambientais e sócio/culturais. O bloco de entrevista referente aos aspectos sócio culturais foram dirigidos diretamente aos empresários da zona estudada (polo oleiro de Iranduba). Os aspectos investigados junto aos expertises e empresearios do setor forneceram os dados necessários para consolidar as ideias pré-estabelecidas por meio de levantamento bibliográfico e observacional em campo, além disso, estes dados alimentaram o modelo de design concorrente, utilizado como método de desenvolvimento do novo sistema e foram explorados em quatro blocos distintos por meio da entrevista. Estes blocos perfazem todo os contexto investigado e extrapolado pelo MDC, sendo estes:

1) O aspecto tecnológico buscou identificar características gerais da produção com foco na queima envolvendo o sistema exterior, de acordo com o M.D.C (Hernadis 2003), considerando a tipologia dos fornos tradicionais mais utilizados por pequenas e medias empresas. Os expertises do setor da indústria foram questionados quanto as características das necessidades de inovação em função da acessibilidade tecnológica e sobre os critérios de produtividade, ganhos econômicos e qualitativos da produção, além das características estruturais e operacionais mais comuns e mais representativas, entre os modelos de fornos “abóboda” e “paulistinha”, que de acordo com Vasconcelos et al (2012), estes modelos de fornos fazem parte do contexto produtivo de quase todas as empresas do polo oleiro do Estado do Amazonas.

2) O aspecto ergonômico: Qualquer ambiente de trabalho deve buscar adequações ergonômicas que reduzam as exigências biomecânicas e cognitivas dos operadores do sistema, permitindo que o mesmo se sinta confortável para executar suas tarefas. Os atributos macro ergonômicos da produção, foram identificados por meio de algumas características, com foco na queima, envolvendo os aspectos

do ambiente de trabalho e sua influência sobre o operador do sistema de queima. Além disso, foram detectados alguns aspectos que relacionam a tipologia dos fornos tradicionais utilizados, como disfunções e riscos acidentais sofridos pelo executor da tarefa destes sistemas.

Considerando o contexto macro ergonômico, os entrevistados avaliaram por grau de importância as seguintes questões: a) o grau de importância da exposição ao calor proveniente do processo de queima sofrido pelo operador do sistema; b) o grau de importância dos riscos acidentais, aos quais está exposto o operador do sistema; c) o grau de importância da pouca iluminação durante a execução da tarefa do forneiro; d) o grau de importância do ruído para com o desempenho do operador do forno; e) o grau de importância dos agentes químicos, resultantes das características ambientais locais, as quais estão expostos os operadores do sistema de queima e; f) o grau de importância da umidade resultante das características ambientais locais, as quais estão expostos os operadores do sistema de queima;

3) Aspecto Ambiental: Este bloco aborda os aspectos tecnológicos da produção dos fornos que fazem uso de combustíveis madeireiros, considerando os parâmetros ideais de otimização da produção em termos de ganhos produtivos e ambientais, avaliando por grau de importância as seguintes questões: a) a queima eficiente que promova redução de insumos madeireiros, da lenha ou outro material combustível; b) a redução de perdas produtivas em função da melhoria do processo de queima; c) a redução de resíduos e poluentes; d) a melhoria do produto final, a partir da melhoria do processo.

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados atribuíram valores de significativa importância para todos os itens, que representam alguns parâmetros ideias de otimização da produção, considerando os ganhos produtivos e ambientais. Esta pesquisa avaliou alguns aspectos ambientais da produção, que envolvem a utilização de insumos madeireiros, bem como o desperdício dos mesmos. Esta avaliação teve foco na queima cerâmica, envolvendo os aspectos ambientais do sistema exterior, abordado pelo MDC (Modelo de Design Concurente), por Hernandis 2003;

4) Aspecto Sócio/Cultural: Os aspectos sócio/culturais que influenciam a falta de modernização das pequenas e médias empresas, a partir do foco da pesquisa, que estuda um dos elos mais críticos desta cadeia produtiva (sistema de queima), este bloco de questões, avaliou dentre os especialistas e empresários do setor, alguns aspectos que influenciam a falta de modernização das pequenas e médias empresas.

Considerando que a maioria das empresas de cerâmica vermelha do Estado do Amazonas se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos



---

avanços da modernização tecnológica e ou administrativa, foi verificado dentre os entrevistados algumas razões pelas quais este fato ainda se justifica, sendo julgado por grau de influência elementos que contribuem e/ou explicam este status tecnológico.

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados concordam que a falta de acesso a tecnologias economicamente viáveis influencia muito essa realidade e que o atraso tecnológico é um reflexo das características do setor. Além disso, ao se verificar o resultado, é observado que os entrevistados possuem opiniões divergentes, no que diz respeito a falta de compromisso com as normas vigentes, por parte dos empresários e/ou não cobrança devida por parte dos setores públicos responsáveis, caracterizando responsabilidades mútuas, considerando que os agentes, tanto empresários, como poder público possuem uma cota igualitária neste contexto. A última questão deste bloco avalia se a falta de conhecimento, por parte dos empresários, em relação a outras e novas tecnologias também influenciaria para com a continuidade do atraso tecnológico nas pequenas e médias olarias do Estado do Amazonas. Os resultados confirmam a existência de uma influencia significativa neste sentido, permitindo ressaltar que o direcionamento deste estudo para a realidade observada poderá suprir esta demanda de informação e acesso a novas tecnologias, tornando-se justificável o desenvolvimento de um novo sistema que proponha uma alternativa satisfatória.

A partir dos resultados obtidos com a pesquisa realizada por meio de consulta bibliográfica, pesquisa observacional, entrevista a expertises do setor industrial cerâmico e empresários do polo oleiro de Iranduba – Manaus, AM, ficam estabelecidos alguns requisitos de projeto, considerados variáveis de ordem qualitativa e quantitativa que orientam e delimitam o desenvolvimento do novo sistema. Estes requisitos permitem gerar, por meio de parâmetros técnicos, alternativas solucionadoras para o problema pesquisado.

Com base nos aspectos investigados, que refletem os objetivos propostos pelo MDC (Modelo de Design Concorrente, Hernandis 2003), foram organizados em grupos de requisitos, correspondentes as características do problema de pesquisa. Estes grupos de requisitos são apresentados e ordenados pela tabela 01.

**Tabela 1 Parametrização do Projeto**

<b>Requisitos Tecnológicos de projeto</b>	<b>Parâmetros tecnológicos de projeto</b>
<p>1) Utilizar sistema de queima invertida;</p> <p>2) Os fatores técnicos operacionais devem ser considerados essenciais no que diz respeito a influência destes sobre a qualidade final dos blocos cerâmicos, otimizando os elementos de apoio que compõem os subsistemas;</p> <p>3) Manter padrão de queima da carga;</p> <p>4) Gerar calor gradativo com respeito a curva de queima;</p> <p>5) Modificar a geometria do queimador;</p> <p>6) A curva de queima deve ser monitorada;</p> <p>7) O modo do empilhamento da carga na câmara de cocção deve ser planejado, considerando melhor aproveitamento da temperatura;</p> <p>8) A regulagem e alinhamento dos queimadores devem ser consideradas essenciais;</p> <p>9) A disposição espacial dos queimadores deve ser considerada em função da distribuição homogênea dos gases quentes durante o processo de queima;</p> <p>10) Deve haver uma relação funcional e sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores;</p> <p>11) Deve ser contemplado o isolamento das paredes dos fornos.</p>	<p>Utilizar processo de queima adiabática;</p> <p>Otimizar os aspectos técnicos em função do processo de queima adiabática;</p> <p>A curva de queima deve ser monitorada com a utilização de medidores digitais;</p> <p>O modo do empilhamento da carga na câmara de cocção deve ser realizado, considerando melhor aproveitamento da temperatura, fazendo uso do método de empilhamento em xadrez (checkerwork) ou em camadas longas (benches), conforme sugerido por Fonseca (1997) apud F. H. Norton (1973), de maneira que permita a circulação dos gases, para se obter uma máxima regularidade da temperatura e do calor. Uma colocação em demasiadamente aberta ou separada permite que os gases passem com certa facilidade, o que não é aconselhável;</p> <p>A regulagem e alinhamento dos queimadores devem ser consideradas essenciais, respeitando o método de alimentação das fornalhas, conforme a técnica de queima adiabática e o controle da curva de queima;</p> <p>A disposição espacial dos queimadores deve ser considerada em função da distribuição homogênea dos gases quentes durante o processo de queima;</p> <p>Deve haver uma relação funcional e sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores;</p> <p>Deve ser contemplado o isolamento das paredes dos fornos;</p> <p>Deve haver uma otimização espacial e geométrica entre os subsistemas que operam conjuntamente com os queimadores e câmara de cocção.</p>
<b>Requisitos Ergonômicos de projeto</b>	<b>Parâmetros ergonômicos de projeto</b>
<p>1) Melhorar aspectos macro ergonômicos (conforto ambiental);</p> <p>2) Melhorar a manipulação da carga antes e depois da queima;</p> <p>3) Adaptar e ou melhorar os elementos de acionamento dos sistemas;</p>	<p>O novo sistema de queima deve oferecer as condições devidas para que o operador do forno não se exponha ao calor emanado dos queimadores de combustível, não entre em contato com poluentes, como fumaça, agentes químicos e não se exponha a riscos</p>

<p>4) Reduzir a exposição do trabalhador aos agentes nocivos do processo de queima.</p>	<p>acidentais durante o processo de abastecimento das fornalhas;  Deve haver a inserção de um sistema de coleta de cinzas proveniente da queima para facilitar a manutenção e limpeza;  A adaptação do processo de queima adiabática promove a queima da chama em sentido invertido, evitando que o operador do sistema entre em contato com as chamas;  O sistema de tiragem (chaminé) promove tanto o direcionamento do fluxo dos gases quentes para a área interna da câmara, quanto o direcionamento da fumaça ocasionada pela queima;</p>
<p><b>Requisitos Ambientais de projeto</b></p>	<p><b>Parâmetros Ambientais de projeto</b></p>
<p>1) Reduzir fumaça e poluentes provenientes da queima;  2) Redução de perdas produtivas;  3) Redução de insumos madeiros como fonte energética de queima.</p>	<p>Deve haver uma redução da queima dos insumos a partir da otimização da queima dos mesmos por meio de sistema adiabático;  Deve haver uma adaptação entre o processo de queima tradicional e queima adiabática, proporcionando eficiência da queima dos insumos, que consecutivamente reduzirá perdas produtivas.</p>
<p><b>Requisitos Sócio / Culturais de projeto</b></p>	<p><b>Parâmetros Sócio / Culturais de projeto</b></p>
<p>1) Manter a geometria predominante dos fornos paulistinha e abóboda;  2) Manter os materiais constitutivos comumente utilizados na construção de fornos tradicionais;  3) Quebrar paradigmas do retardo tecnológico das pequenas e médias olarias;  4) Motivar e viabilizar o acesso a tecnologias economicamente viáveis;  5) Motivar o compromisso com o meio ambiente.</p>	<p>Deve haver uma interlocução estrutural que relacione os parâmetros constitutivos, formais e funcionais, considerando simplicidade da forma, utilização de materiais de fácil aquisição no mercado local e utilização de técnicas construtivas já conhecidas na construção dos fornos tradicionais;  Os custos de implantação do novo sistema deve se adequar a realidade das PIMES;  O novo sistema deve ser versátil do ponto de vista da adaptabilidade combustível;  A formatação do novo sistema de queima deve atender aos requisitos funcionais e operacionais, representando uma adequação do item viabilidade técnica e viabilidade econômica.</p>

Todos estes requisitos e parâmetros encontram-se distribuídos e interrelacionados no modelo sistêmico aplicado ao desenvolvimento do novo sistema de queima. A aplicação deste método para esta pesquisa se restringiu as análises estrutural, funcional e morfológica, por meio do qual se reconheceu e compreendeu os tipos e números de componentes dos subsistemas envolvidos, bem como princípios de montagem, tipologia de união e estruturas de suporte. A análise funcional permitiu se avaliar as funções técnicas e físicas de cada subsistema, incluindo aspectos ergonômicos (macro análise) do ponto de vista da ergonomia ambiental. Com base em tais análises, as informações daí advindas compuseram a estrutura subsistêmica absorvida pelo modelo de design concorrente (Hernandis 2003).

### **3.1. Aplicação do Modelo de Design Concorrente ao Estudo de Caso – Resultados preliminares.**

Este artigo apresenta a aplicação deste modelo de forma resumida, considerando que a representação completa e aplicada do MDC tornar-se-ia ilegível neste documento, em função de sua estrutura gráfica, portanto, foram resumidas as definições do sistema exterior, objetivos e os subsistemas formal, ergonômico e funcional, bem como suas relações com os aspectos sócio culturais, ambientais e tecnológicos, apresentando desta forma os conceitos técnicos do novo sistema de queima para cerâmica estrutural tradicional.

No geral a estrutura do modelo sugerido por Hernandis (2003), tem como objetivo analisar os vários fatores externos ao problema estudado, considerando as interfaces entre o que se está estudando e estes fatores.

A figura 03 apresenta a aplicação deste Modelo de Design Concorrente, como método sistêmico aplicado ao estudo em questão. O Sistema Exterior, prevê especificamente as variáveis de entrada (VE) que determinam o funcionamento do sistema estudado, compondo os objetivos Formais, Funcionais e Ergonômicos do produto. Estes objetivos representam a conversão da problemática detectada por meio da análise do problema, em metas a serem alcançadas. Estas metas possuem VE - Variáveis Essenciais que se relacionam entre si e que formam os subsistemas Formais, Funcionais e Ergonômicos, respectivamente. Entre cada um destes subsistemas, interatuam as diferentes variáveis de ação e de informação que estabelecem o vínculo e a interação, indispensáveis ao funcionamento do modelo. A partir dos subsistemas se estabelecem os volumes de uso, as superfícies de uso e os limites de contorno do produto, elementos delimitadores dos parâmetros que devem possuir o

---

produto conceitual, retroalimentando o modelo e fornecendo assim os meios para se alcançar as metas do projeto.

Os subsistemas funcional, ergonômico e formal foram estudados e desenvolvidos de acordo com as variáveis essenciais e informacionais, advindas de todos os critérios, requisitos e parâmetros definidos como indispensáveis. Considerando que o produto desenvolvido se trata de um sistema aberto e definido como um conjunto de elementos que se relacionam entre si e com o ambiente, havendo, portanto, contextos diferenciados e ao mesmo tempo integrados, sujeitos a sofrer interferências positivas e negativas, dependendo do modo como este se interfaceia. Neste sentido a estrutura do sistema macro foi dividida em áreas de estudo, sendo elas: a) Área de queima (fornalha, grelha e cinzeiro); b) Área de queima e difusão dos gases (crivos, base subterrânea e chaminé) e; c) Área de empilhamento e queima de carga (câmara, portas e teto). Sobre todas estas áreas e relacionado a cada subsistema (funcional, ergonômico e formal) todas as áreas foram representadas e desenvolvidas respeitando o volume de uso, superfície de contorno e superfície de uso.

De posse das observações e compilação dos dados acerca do ambiente e influências que se relacionam com este sistema, foram obtidos, por meio de critérios relativos aos aspectos concernentes ao forno de queima cerâmica, os objetivos formais, funcionais e ergonômicos do novo sistema de queima. A partir da definição de tais objetivos como resultante das variáveis de entrada, foi desenvolvido uma modelagem preliminar de acordo com critérios funcionais, volumétricos e de usabilidade de produto.

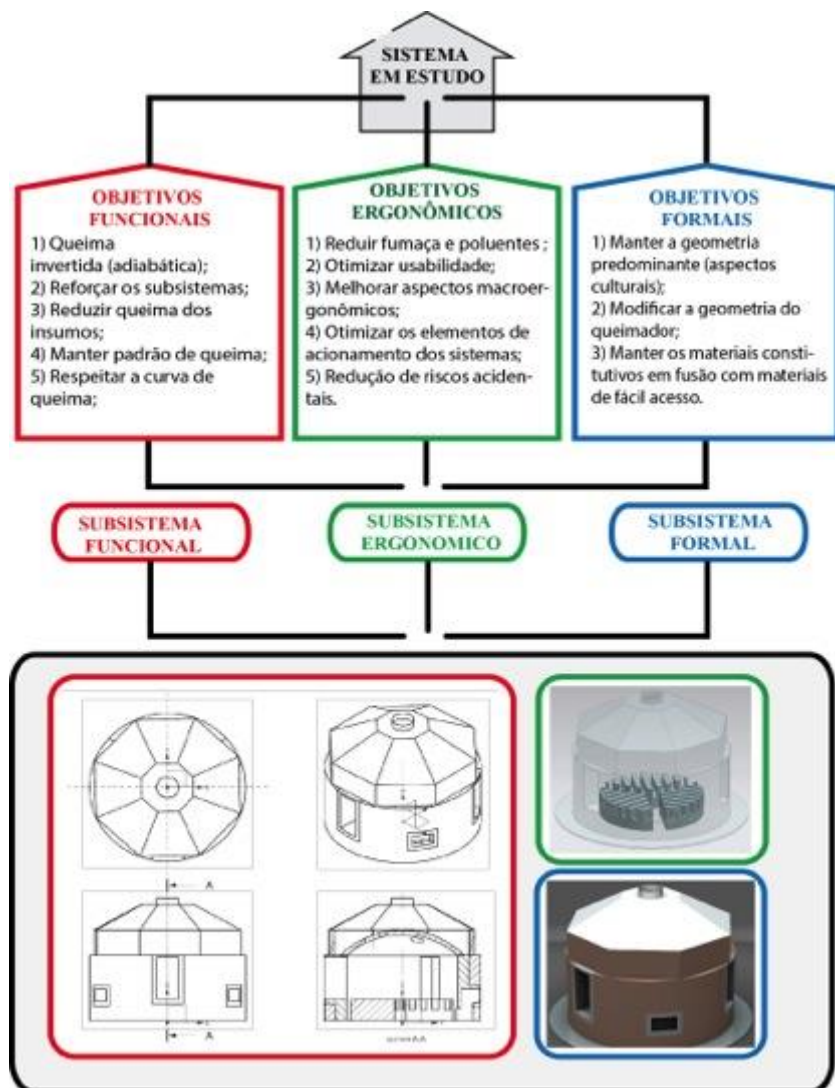


Fig. 3 Representação resumida da aplicação do Modelo de Design Concorrente aplicado a fornos tradicionais de cerâmica vermelha no Amazonas – Brasil

#### 4. Conclusão

O objetivo desta pesquisa tem como cerne a queima da cerâmica vermelha, cuja motivação se justifica a partir do forte apelo de cunho sustentável que possui, considerando que os resultados pretendidos irão contribuir de maneira considerável para a minimização da queima irregular de lenha, poluição do ar,

---

bem como tornar mais eficiente o processo produtivo e melhorando a qualidade final do produto (tijolo).

A análise sobre a produção de cerâmica vermelha se justifica em função de sua grande projeção de uso em meio as empresas de pequeno e médio porte na região estudada, considerando que todas as empresas utilizam esses modelos de fornos, sejam eles de uso exclusivo ou não. As informações aqui apresentadas se respaldaram tanto em observações realizadas em chão de fábrica, como em entrevistas a expertises do setor e junto aos empresários

Também é importante colocar, que este processo, considerado tradicional, em função de suas características ainda rudimentares, é o segmento produtivo que abastece o setor da indústria civil local, em forte crescimento no Estado do Amazonas, contudo, em função das adversidades e limitações existentes no contexto produtivo da cerâmica estrutural tradicional e especificamente amazônica, torna-se cada vez mais necessário e justificável a implementação de mecanismos que possam auxiliar o desenvolvimento de produtos eco eficientes para a indústria, sobre os quais possam atuar os elementos indispensáveis à redução dos impactos ambientais negativos, assim como o uso racional dos recursos naturais.

A utilização do método de Design concorrente para este trabalho, sugerido por Hernandis (2003), possibilitou tanto uma análise pormenorizada do problema em questão, quanto a realização de uma modelagem teórica e prática que se materializará em forma de sistema inovador de queima para cerâmica estrutural, fazendo-se cumprir todos os requisitos inerentes a esta pesquisa.

Os benefícios originados a partir da contribuição do Design Sistêmico para o desenvolvimento de um novo sistema de queima se concretizará por meio dos testes simulados em protótipo, os quais serão divulgados com a continuidade desta pesquisa, contudo os resultados preliminares adiantam a eficácia do método de modelagem sistêmica, garantindo uma estrutura concreta de desenvolvimento projetual.

## 6. Referências

### Books

ALVES-MAZZOTTI, A. J., & GEWANDSZNAJDER, F.O (1998) *Método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira.

BERNI, M. (2010) *Oportunidades de eficiência energética na indústria: relatório setorial: setor cerâmico*. Brasília: cni. ISBN 978-85-7957-008-7.

BONSIEPE, G. et al. (1986) *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNPq/Coordenação Editoria.

CARVALHO, J. L. F.; VERGARA, S. C. *A fenomenologia e a pesquisa dos espaços de serviços*. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, v. 42, n. 3, jul./set. 2002.

IIDA, ITIRO. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo. 2a edição. Edgar Blucher LTDA 2005.465p.

KHAN, A. M. HASAN, SHUTTE, E., “ET AL.” (1989): *Application of Downdraft Combustion to Woodburning Devices*. WSG Publicação Interna vol., 6 páginas.

MINAYO, M. C. S. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

NEAPL – NÚCLEO ESTADUAL DE ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS – PLANO DE DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR APL DE BASE MINERAL – CERÂMICO OLEIRO – Cidade Polo Iranduba – 2009

RELATÓRIO ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS – APLS - *Grupo De Pesquisas Em Materiais De Engenharia/Ufam* – EDITAL MCT/CT-Mineral/CNPq Nº 44/201

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO ESTADO DO AMAZONAS. *Legislação de Incentivos Fiscais do Amazonas*. Lei nº 2.826/2003 – Amazonas: SEPLAN, 2009.

SCHUMAN, H., & KALTON, G. (1985). *Survey methods*. EM G.LINDZEY & E.ARONSON (EDS.), *Handbook of social psychology*, 3rd ed. Vol. 11 – 1985. New York: Random House.

### Article in a magazine or newspapers

BRIEDE, J., & HERNANDIS, B. (2011). *New Methods in Design Education: The Systemic Methodology and the Use of Sketch in the Conceptual Design Stage*. . *Us-China Education Review* , 8 (11), 118-128.



- 
- HERNANDIS, B. (2012). *Diseño Concurrente*. En R. Martins, & J. van der Linden, *PELOS CAMINHOS DO DESIGN: Metodologia de Projeto* (págs. 327-391). Londrina, Brasil: EDUEL
- MOTA, S. C.; SOUZA, R. C. R.; MARTINS, G. (2006) - *Technical and ergonomic improvements in the furnace design of a manioc flour house*. Artigo dos anais do 16th World Congress on Ergonomics – IEA. Associação International de Ergonomia. Holanda. Edited by R.N. Pikaar Eur.Erg., E.A.P. Koningsveld Eur.Erg. and P.J.M. Settels Eur.Erg., ISSN 0003-6870, Elsevier Ltd.
- MOTA, S. C. ; SOUZA, R.C.R. . *Inovação Tecnológica e Melhorias no Design do Forno da Casa de Farinha..* In: XXVII ENEGEP 2007, Foz do Iguaçu.
- MOTA, S. C. ; HERNANDIS, BERNABÉ; MAZARELO, K. PACHECO; BATALHA VÂNIA; VERGARA L. *Ecoeficiency and Enviroment Ergonomics to the production of ceramic bricks in the Brazilian Amazon* - 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015.
- PAIXÃO-BARRADAS, S., PACHECO, K., & HERNANDIS, B. (2011). *Design mediante o uso de materiais naturais: análise de atributos essenciais ao desenvolvimento de novos produtos*. Lisboa: VI Congresso Internacional de Pesquisa de Design, 10-12 Outubro.
- PAIXÃO-BARRADAS, S., PACHECO, K., & HERNANDIS, B. (2012). *La piedra natural como un material de diseño para el desarrollo de equipamiento urbano: reporte de un caso*. ICONOFACTO , 8 (11), 77-95 .
- PACHECO, K., HERNANDIS, B., & PAIXÃO-BARRADAS, S. (2012). *La importancia del diseño sistémico para la competitividad de la fibra natural Amazónica de tucumã-i (Astrocaryum acaule) en el desarrollo semi-industrial de productos: Un estudio de caso para la categoría del vestuario*. En U. R. Llull (Ed.), 2º Congreso Internacional de Diseño e Innovación. Sabadell: Escuela Superior de Diseño ESDi.
- RIVERA, JULIO. HERNANDIS, BERNABÉ. MOTA, SHEILA. MIRANDA, OMAR. *Immaterial elements as drivers of sustainability in products and services*. The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering. 2212-8271 © 2015 Published by Elsevier B.V. Conference “22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering.
- SWANN, C. (2002). *Action Research and the Practice of Design*. . Design Issues. , 18, 49- 61.

### **Thesis, Master’s thesis... in Riunet**

- BORGES, T. P. F., *Fogão a Lenha de Combustão Limpa*. MSc. Thesis. Universidade Estadual de Campinas. 1994.

HERNANDIS, B. (2003). *Tesis Doctoral:Desarrollo de una metodología sistémica para el diseño de productos industriales*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

SILVA, MONICA MARIA PEREIRA DA. *Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: da Indústria ao Canteiro de obras*. Dissertação Mestrado – Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado Engenharia Civil 2007. Fonte: [http://www.unicap.br/tede//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=340](http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=340), acessado em 25/02/1

**Web site**

FURG, Portal dos alunos de engenharia civil. Materiais – Desperdício. Disponível em <[www.projetoconstrucao.hpg.ig.com.br](http://www.projetoconstrucao.hpg.ig.com.br)> . Consulta en febrerero 2016.

Lista de revisões feitas para o jornal Cleaner Production.

A seguir é apresentado uma lista de revisões de artigos científicos, realizadas para a revista Journal of Cleaner Production. <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production>. Esta revista possui os seguintes fatores de impacto e possui abrangência multidisciplinar.

- CiteScore: **5.83 i**
- Impact Factor: **5.715 i**
- 5-Year Impact Factor: **6.207 i**
- Source Normalized Impact per Paper (SNIP): **2.382 i**
- SCImago Journal Rank (SJR): **1.615 i**

Manuscript Number	JCLEPRO-D-15-02399	Manuscript Number	JCLEPRO D-15-00643R1	Manuscript Number	JCLEPRO-D-15-00919
Article Type	Original Research Paper	Article Type	Original Research Paper	Article Type	Original Research Paper
Article Title	A new sustainable composite column using an agricultural solid waste as aggregate	Article Title	Recycled construction and demolition waste in cold asphalt mixtures: evolutionary properties	Article Title	Environmental profile, packaging intensity and food waste generation for three types of dinner meals
Date Reviewer Invited	Aug 11, 2015	Date Reviewer Invited	Jul 23, 2015	Date Reviewer Invited	Apr 03, 2015
Date Reviewer Agreed	Aug 13, 2015	Date Reviewer Agreed	Jul 27, 2015	Date Reviewer Agreed	Apr 06, 2015
Date Review Due	Sep 03, 2015	Date Review Due	Aug 10, 2015	Date Review Due	Apr 27, 2015
Date Review Submitted	Sep 03, 2015	Date Review Submitted	Aug 10, 2015	Date Review Submitted	Apr 28, 2015
Days Taken	21	Days Taken	14	Days Taken	22
Corr. Author	Mohammad Reza Hamidian	Corr. Author	Breixo Gómez-Meijide	Corr. Author	Ole Jørgen Hanssen

# Título de la tesis

Journal of Cleaner Production

Completed Reviewer Assignments for Sheila Mota

Page: 1 of 2 (16 total assignments)      Display 10 results per page.

Action	My Reviewer Number	Manuscript Number	Article Type	Article Title	Final Disposition	Date Reviewer Invited	Date Reviewer Approved	Date Review Due	Date Review Submitted	Days Taken	Editor's Name	Corr. Author
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-17-03437	Original article	Impact Assessment of Enhanced Exposure from Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) within LCA.	Accept	Jun 05, 2017	Jun 12, 2017	Jul 03, 2017	Jul 10, 2017	28	Vladimir Strezov, Ph.D.	Andrei Goronovski
<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-15-03982R2	Original article	Improving sustainability performance in early phases of product design: a checklist for sustainable product development tested in the automotive industry	Accept	Aug 23, 2016	Sep 01, 2016	Sep 22, 2016	Sep 19, 2016	18	Josef Schögl, MSc.	
<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-16-01772R1	Original article	Introducing eco-ideation and creativity techniques to increase and diversify the applications of eco-materials: The case of cork in the building sector	Accept	Jun 13, 2016	Jun 17, 2016	Jul 08, 2016	Jul 12, 2016	25	Jorge Sierra-Pérez, Ph.D. in Environmental Science	
<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-15-03982R1	Original article	Improving sustainability performance in early phases of product design: a checklist for sustainable product development tested in the automotive industry	Accept	May 23, 2016	May 31, 2016	Jun 21, 2016	Jun 21, 2016	21	Josef Schögl, MSc.	
<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-16-01772	Original article	Introducing eco-ideation and creativity techniques to increase and diversify the applications of eco-materials: The case of cork in the building sector	Accept	May 06, 2016	May 09, 2016	May 30, 2016	May 31, 2016	22	Jorge Sierra-Pérez, Ph.D. in Environmental Science	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02788R2	Review article	Physico-mechanical properties of multi-recycled concrete from precast concrete industry	Accept	May 04, 2016	May 09, 2016	May 30, 2016	May 30, 2016	21	Ángel Saleas, Ph.D.	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-16-00405R1	Original article	A pre-assessment of past research on the topic of environmental-friendly electronics	Accept	Mar 12, 2016	Mar 20, 2016	Apr 10, 2016	Apr 06, 2016	17	Alptekin DURMUSOĞLU, Ph.D.	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02788R1	Review article	Physico-mechanical properties of multi-recycled concrete from precast concrete industry	Accept	Feb 05, 2016	Feb 12, 2016	Mar 04, 2016	Mar 07, 2016	24	Ángel Saleas, Ph.D.	

Help | Privacy Policy | Terms and Conditions | About Us

Copyright © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

Journal of Cleaner Production

Completed Reviewer Assignments for Sheila Mota

Page: 1 of 2 (16 total assignments)      Display 10 results per page.

<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-15-03982R1	Original article	Improving sustainability performance in early phases of product design: a checklist for sustainable product development tested in the automotive industry	Accept	May 23, 2016	May 31, 2016	Jun 21, 2016	Jun 21, 2016	21	Josef Schögl, MSc.	
<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-16-01772	Original article	Introducing eco-ideation and creativity techniques to increase and diversify the applications of eco-materials: The case of cork in the building sector	Accept	May 06, 2016	May 09, 2016	May 30, 2016	May 31, 2016	22	Jorge Sierra-Pérez, Ph.D. in Environmental Science	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02788R2	Review article	Physico-mechanical properties of multi-recycled concrete from precast concrete industry	Accept	May 04, 2016	May 09, 2016	May 30, 2016	May 30, 2016	21	Ángel Saleas, Ph.D.	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-16-00405R1	Original article	A pre-assessment of past research on the topic of environmental-friendly electronics	Accept	Mar 12, 2016	Mar 20, 2016	Apr 10, 2016	Apr 06, 2016	17	Alptekin DURMUSOĞLU, Ph.D.	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02788R1	Review article	Physico-mechanical properties of multi-recycled concrete from precast concrete industry	Accept	Feb 05, 2016	Feb 12, 2016	Mar 04, 2016	Mar 07, 2016	24	Ángel Saleas, Ph.D.	
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-16-00405	Original article	A pre-assessment of past research on the topic of environmental-friendly electronics	Accept	Feb 03, 2016	Feb 03, 2016	Feb 24, 2016	Feb 24, 2016	21	Alptekin DURMUSOĞLU, Ph.D.	
<a href="#">Action Links</a>	3	JCLEPRO-D-15-03982	Original article	Improving sustainability performance in early phases of product design: a checklist for sustainable product development tested in the automotive industry	Accept	Dec 21, 2015	Dec 21, 2015	Jan 11, 2016	Jan 12, 2016	22	Josef Schögl, MSc.	

Help | Privacy Policy | Terms and Conditions | About Us

Copyright © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

Journal of Cleaner Production

Completed Reviewer Assignments for Sheila Hota

Page: 2 of 2 (16 total assignments)      Display: 10 results per page.

Action	My Reviewer Number	Manuscript Number	Article Type	Article Title	Final Disposition	Date Reviewer Invited	Date Reviewer Agreed	Date Review Due	Date Review Submitted	Days Taken	Editor's Name	Corr. Author
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02399R1	Original article	A new sustainable composite column using an agricultural solid waste as aggregate	Accept	Dec 06, 2015	Dec 17, 2015	Jan 07, 2016	Jan 06, 2016	20	Mohammad Reza Hamidian	Mohammad Reza Hamidian
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02788	Review article	Physico-mechanical properties of multi-recycled concrete from precast concrete industry	Accept	Oct 10, 2015	Oct 21, 2015	Nov 11, 2015	Nov 10, 2015	20	Angel Salas, Ph.D.	Angel Salas, Ph.D.
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-02399	Original article	A new sustainable composite column using an agricultural solid waste as aggregate	Accept	Aug 11, 2015	Aug 13, 2015	Sep 03, 2015	Sep 03, 2015	21	Mohammad Reza Hamidian	Mohammad Reza Hamidian
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-00643R1	Original article	Recycled construction and demolition waste in cold asphalt mixtures: evolutionary properties	Accept	Jul 23, 2015	Jul 27, 2015	Aug 10, 2015	Aug 10, 2015	14	Breno Gómez-Mejide	Breno Gómez-Mejide
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-00643	Original article	Recycled construction and demolition waste in cold asphalt mixtures: evolutionary properties	Accept	Jun 06, 2015	Jun 06, 2015	Jun 27, 2015	Jun 29, 2015	23	Breno Gómez-Mejide	Breno Gómez-Mejide
<a href="#">Action Links</a>	2	JCLEPRO-D-15-00919	Original article	Environmental profile, packaging intensity and food waste generation for three types of dinner meals	Accept	Apr 03, 2015	Apr 06, 2015	Apr 27, 2015	Apr 28, 2015	22	Ole Jørgen Hansen	Ole Jørgen Hansen

Page: 2 of 2 (16 total assignments)      Display: 10 results per page.

[Reviewer Main Menu](#)

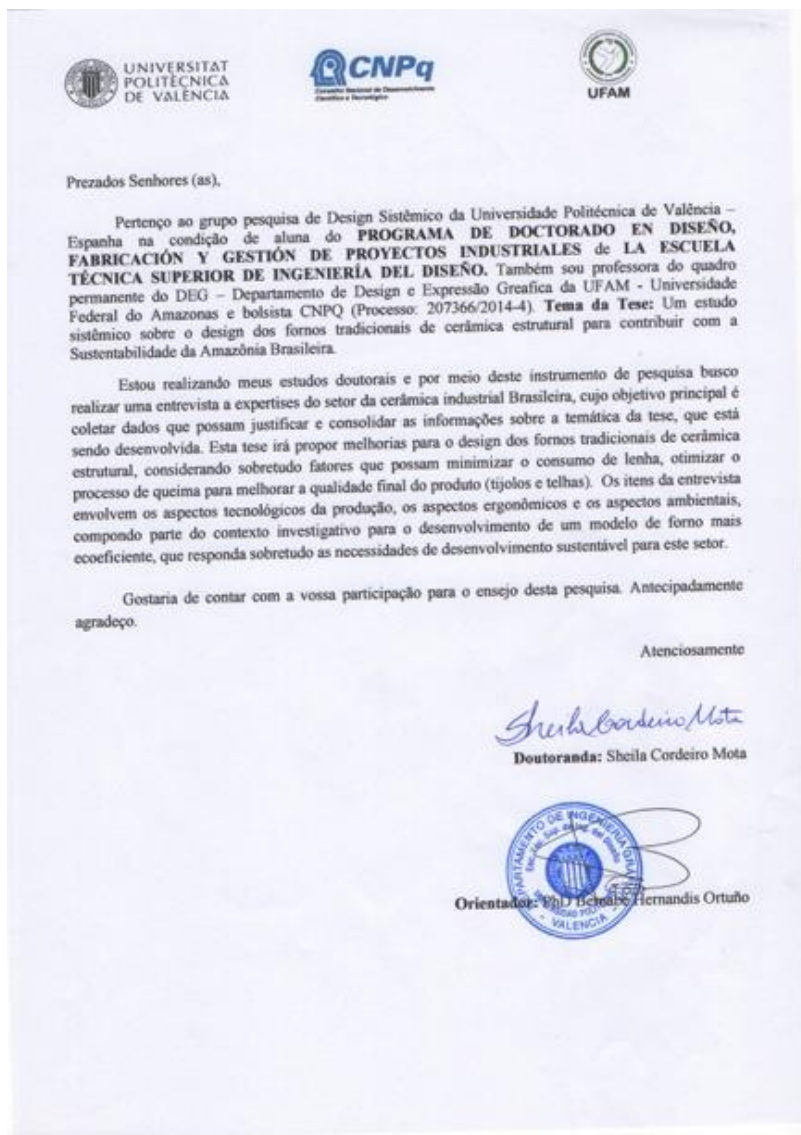
You should use the free Adobe Acrobat Reader 6 or later for best PDF Viewing results.

Copyright © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved. Cookies are set by this site. To decline them or learn more, visit our [Cookies](#) page.

21:34 24/07/2017

FORMULÁRIO DE ENTREVISTA, ENVIADO AOS EXPERTISES POR MEIO DE CORREIO ELETRÔNICO.

Carta de apresentação encaminhada aos experts para a realização da entrevista.



# FORMULÁRIO DE ENTREVISTA, ENVIADO AOS EXPERTISES POR MEIO DE CORREIO ELETRÔNICO.



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



UFAM



Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico



## [Currículo Lattes pesquisadora](#)

Sou professora do quadro permanente e pesquisadora da Universidade Federal do Amazonas. Possui experiência na área de Desenho Industrial, com ênfase em Design de Produto, atuando principalmente nos seguintes temas: Ergonomia, Inovação Tecnológica, Reaproveitamento de Resíduos para desenvolvimento de novos produtos, Ecodesign, Qualidade e Produtividade, Programação visual e Design de Embalagem. Atualmente sou doutoranda na Universidade Politécnica de Valência - Espanha e bolsista CNPQ.

Dados Especialista  
entrevistado

Nome:

Profissão:

Organização Pública

Organização Privada

Organização a qual  
pertence

Atividades relacionadas com a produção cerâmica. (P ode escolher mais de uma opção):

Consultoria

Pesquisa

Desenvolvimento  
de produto

Desenvolvimento de  
Processo

Comércio

Desenvolvimento  
Tecnologia

Desenvolvimento de  
Serviço

Docência

Transferência  
Tecnológica

Profissional/  
empresarial

Os itens da entrevista envolvem alguns aspectos tecnológicos da produção , assim como aspectos ergonômicos e aspectos ambientais.

O objetivo desta entrevista é avaliar os aspectos essenciais da queima de cerâmica estrutural em fornos mais tradicionais, sobretudo os mais utilizados por pequenas e médias empresas. Os dados aqui coletados irão parametrizar uma nova proposta de forno, indicando elementos facultativos de melhoras, mediante uma visão mais sustentável para as PIMES de cerâmica estrutural.

Tema da Tese: Um estudo sistêmico sobre o design dos fornos tradicionais de cerâmica estrutural para contribuir com a Sustentabilidade da Amazônia Brasileira.

Doutoranda: Sheila Cordeiro Mota

Orientador: **PhD Bernabé Hermandis Ortuño**

**QUESTÃO 01:**

Dada as características das olarias de pequeno e médio porte, assim como a expansão do mercado da indústria civil na região norte, em que nível de aceitação se enquadram os sistemas tradicionais de cocção cerâmica, que fazem uso de combustíveis lenhosos, para o abastecimento desta cadeia de suprimentos?

	01	02	03	04
Dispensável ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) Indispensável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**QUESTÃO 02:**

Qual seria o percentual aproximado da participação dos fornos considerados tradicionais (exemplo: Abóboda e Paulistinha) no contexto da produção de cerâmica estrutural a nível nacional?

	Marque umas das opções
Mais de 70% das empresas	<input type="radio"/>
Mais de 60% das empresas	<input type="radio"/>
50% das empresas	<input type="radio"/>
Menos de 50% das empresas	<input type="radio"/>
Não pertecem ao contexto da indústria nacional	<input type="radio"/>

**Questão 03:**

A maioria das empresas de cerâmica estrutural do Estado do Amazonas, se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos avanços da modernização tecnológica e/ou administrativa. Considerando o foco da pesquisa, que estuda um dos elos mais críticos desta cadeia produtiva (processo de queima), pergunta-se: Por quais razões se a queima a lenha em fornos tradicionais como sendo uma realidade ainda justificável?

Julgue por grau de influência: (1) pouco influente (4) muito influente

	01	02	03	04
Reflexo das características tecnológicas das pequenas e médias olarias do Brasil;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de acesso a tecnologia economicamente viável;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de compromisso com as normas vigentes e/ou não cobrança devida por parte dos setores responsáveis;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de conhecimento em relação a outras e novas tecnologias;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de compromisso com o meio ambiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



**Questão 04:**

Considerando os modelos de fornos "abóboda" e "paulistinha", utilizados para queima da cerâmica estrutural, pode-se afirmar que os mesmos possuem algumas características estruturais e operacionais em comum? Em sua opinião marque as mais representativas.

Por grau de importância assinale (1) menos representativa (4) mais representativa. É possível eleger mais de uma alternativa.

	01	02	03	04
Construção simples;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnicamente viável para o pequeno e médio produtor;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Operação simples em comparação a outros sistemas tradicionais de queima cerâmica (ex: forno caieira e outros)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adaptabilidade combustível;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Investimento adequado as características financeiras das pequenas e médias empresas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Questão 05:**

Em relação a qualidade final dos blocos cerâmicos, produzidos pelos fornos de cocção tradicional. Quais seriam os fatores do processo de queima que mais contribuem para a baixa qualidade dos blocos, resultando em perda produtiva?

Por grau de importância assinale (1) menos importante (4) mais importante. É possível eleger mais de uma alternativa.

	01	02	03	04
Temperatura (controle e curva de queima);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disposição e empilhamento da carga (Câmara);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regulagem dos queimadores (alinhamento);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disposição dos queimadores;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Relação formato da câmara com os queimadores;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poder calorífico dos materiais combustíveis;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calor mal distribuído;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isolamento inadequado das paredes dos fornos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Questão 06:**

Considerando os aspectos tecnológicos da produção dos fornos que faz em uso de combustíveis madeireiros quais seriam os parâmetros ideais de otimização da produção em termos de ganhos produtivos, econômicos e ambientais?

Por grau de importância assinala (1) menos importante (4) mais importante. É possível eleger mais de uma alternativa.

	01	02	03	04
Queima eficiente da lenha ou material combustível com redução de insumos madeireiros (combustíveis);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de perdas produtivas;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de resíduos e poluentes;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhoria do produto final;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de horas de cocção sem afetar a qualidade da carga;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Questão 07:**

Dentre as afirmações a seguir quais seriam as principais causas dos impactos econômicos negativos para os pequenos e médios produtores de cerâmica?

Por grau de importância assinala (1) menos importante (4) mais importante. É possível eleger mais de uma alternativa.

	01	02	03	04
Gastos excessivos com insumos energéticos;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Perda nas vendas por conta da baixa qualidade dos produtos finais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carência de mão obra qualificada;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ausência de um padrão técnico / operacional mais eficiente;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

**Questão 08:**

Considerando a arquitetura dos fornos "Abóboda" e "Paulistinha", em sua opinião, existe uma relação entre forma e função que influencia os aspectos relativos a eficiência produtiva (consumo energético e qualidade produtiva relativamente) ?

	SIM	NÃO
CASO AFIRMATIVO CONCLUA A SEGUIR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Em caso afirmativo escolha o que mais poderia influenciar em termos de modificações estruturais para a melhoria produtiva destes fornos.

Por grau de importância assinala (1) menos importante (4) mais importante .  
É possível eleger mais de uma alternativa.

	01	02	03	04
Nova estrutura arquitetônica para a câmara de cocção dos blocos;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhor disposição ou redistribuição dos subsistemas conectados a câmara de cocção (chaminé, fomalha, crivos, etc ...);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desenvolvimento de novas técnicas de queima;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interlocução de todos acima citados;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

**Questão 09:**

Uma adaptação tecnológica em fornos tradicionais de cerâmica estrutural deveria considerar aspectos constitutivos que implicasse em:

Por grau de importância assinala (1) menos importante (4) mais importante .  
É possível eleger mais de uma alternativa.

	01	02	03	04
Construção simples em função da forma;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viabilidade técnica, mantendo os mesmos materiais constitutivos e técnicas construtivas já utilizadas na construção dos fornos tradicionais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De viável investimento para PIMES;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Possibilidade de adaptabilidade combustível;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interlocução de todos acima citados;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Questão 10:**

Qualquer ambiente de trabalho deve buscar adequações ergonômicas que reduzam as exigências biomecânicas e cognitivas dos operadores do sistema, permitindo que o mesmo se sinta confortável para executar suas tarefas.

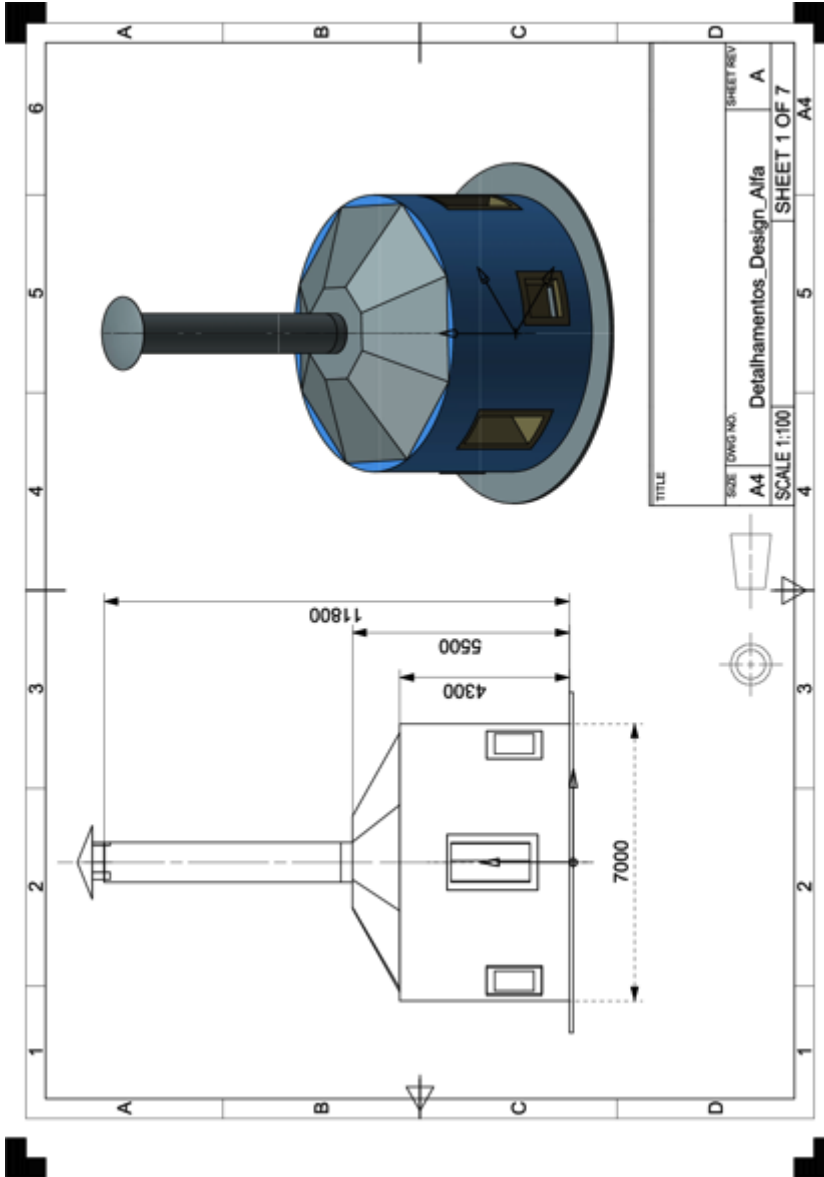
Considerando o contexto ergonômico para a redução de riscos acidentais no que se refere essa pesquisa em específico e analisando o posto de trabalho dos fornos tradicionais de cerâmica, verificam-se alguns problemas, que estão em desacordo com as normas de segurança, conforme estabelecido pela NR 17.

Por grau de importância assinala (1) menos importante (4) mais importante .  
É possível eleger mais de uma alternativa.

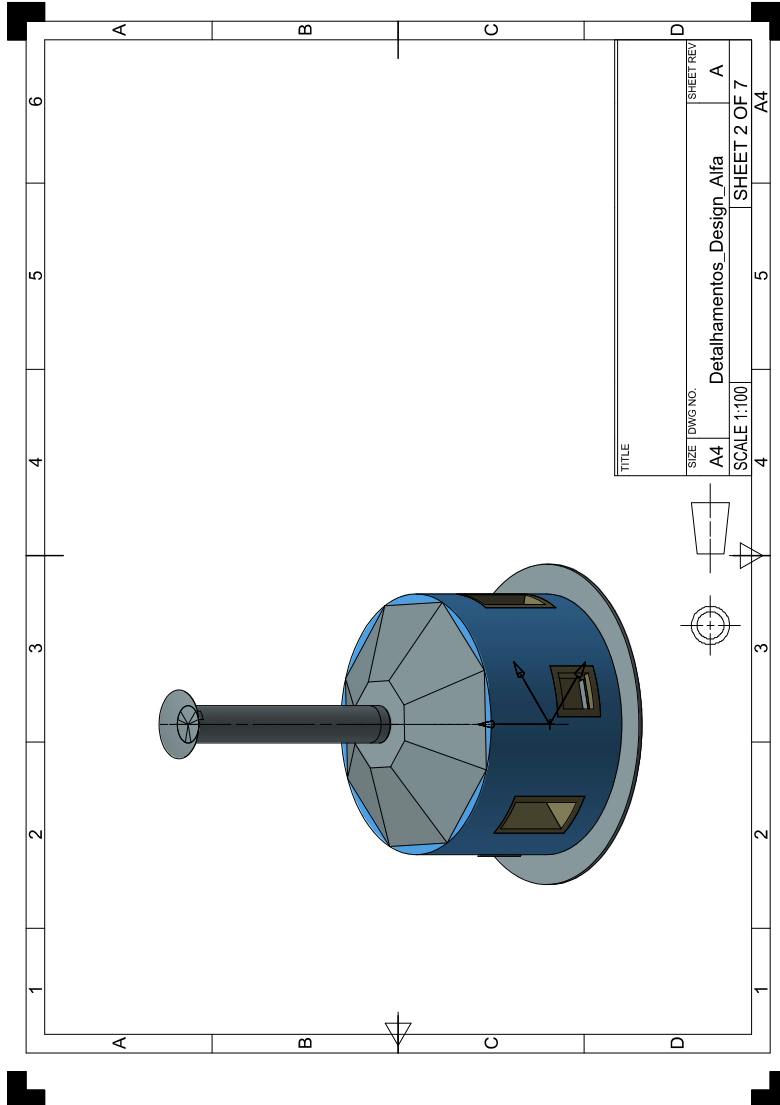
	01	02	03	04
Exposição ao calor proveniente do processo de queima;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riscos acidentais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pouca iluminação;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruído;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agentes químicos;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deambulação excessiva;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deslocamento de carga;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfunções ergonômicas-posturais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfunções Informacionais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfunções acionais de manejo (usabilidade processo/produto);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfunções cognitivos;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfunções comunicacionais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfunções interacionais /operacionais;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interlocução de todos acima citados;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Agradeço pela participação e me coloco a disposição para qualquer questionamento

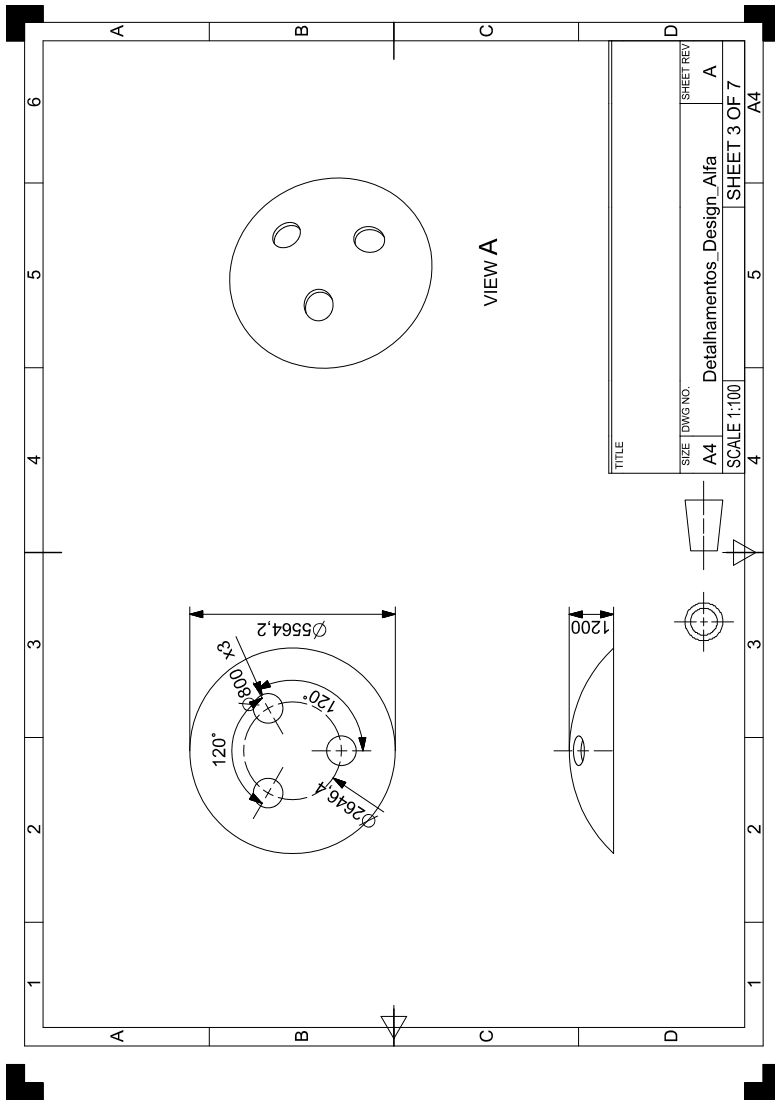
ANEXO - DIBUJOS TÉCNICOS HORNOS ALFA Y BETA



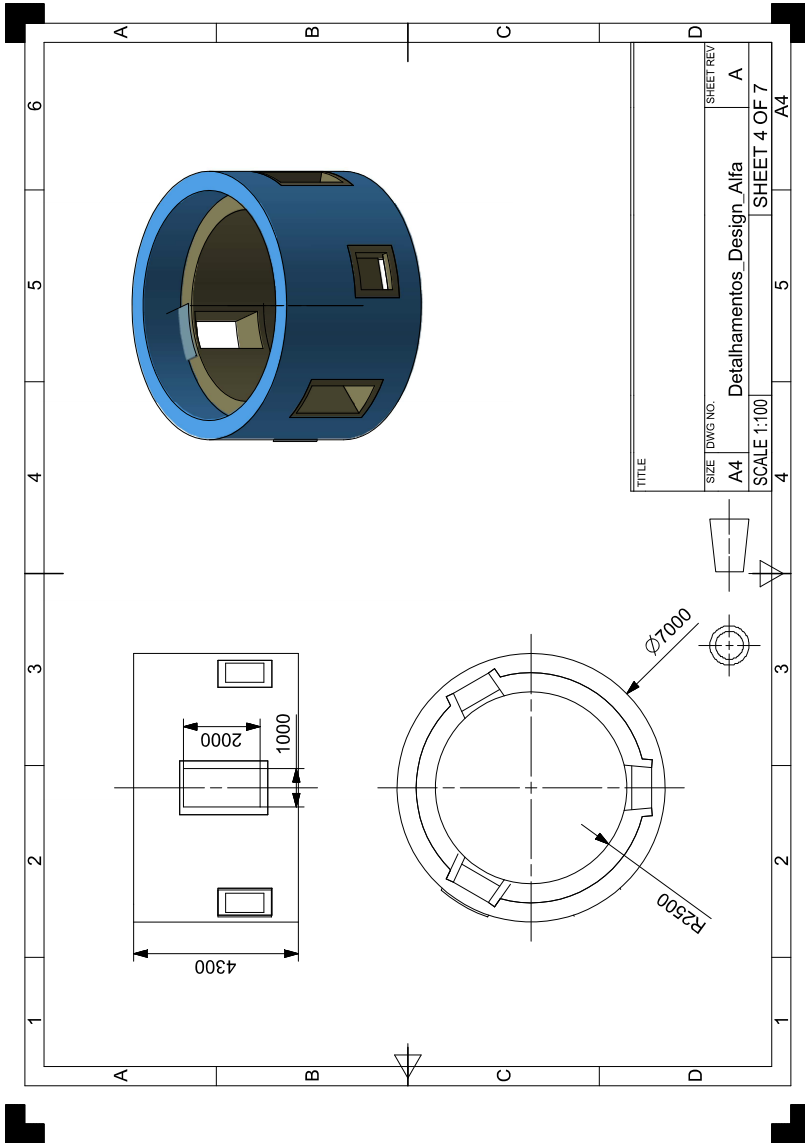
Desenho técnico referente ao Design forno ALPHA



Desenho técnico referente ao Design forno ALPHA

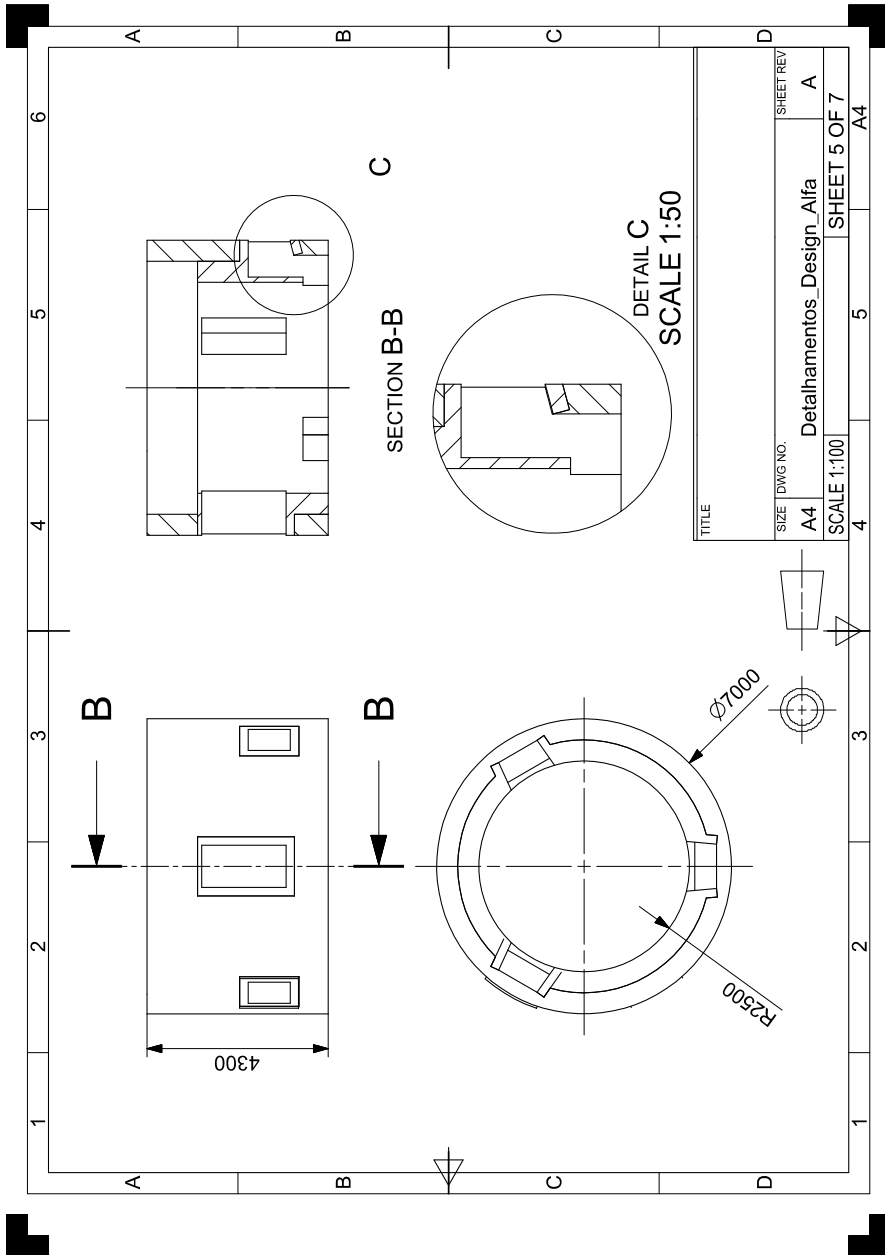


Desenho técnico referente ao Design forno ALPHA

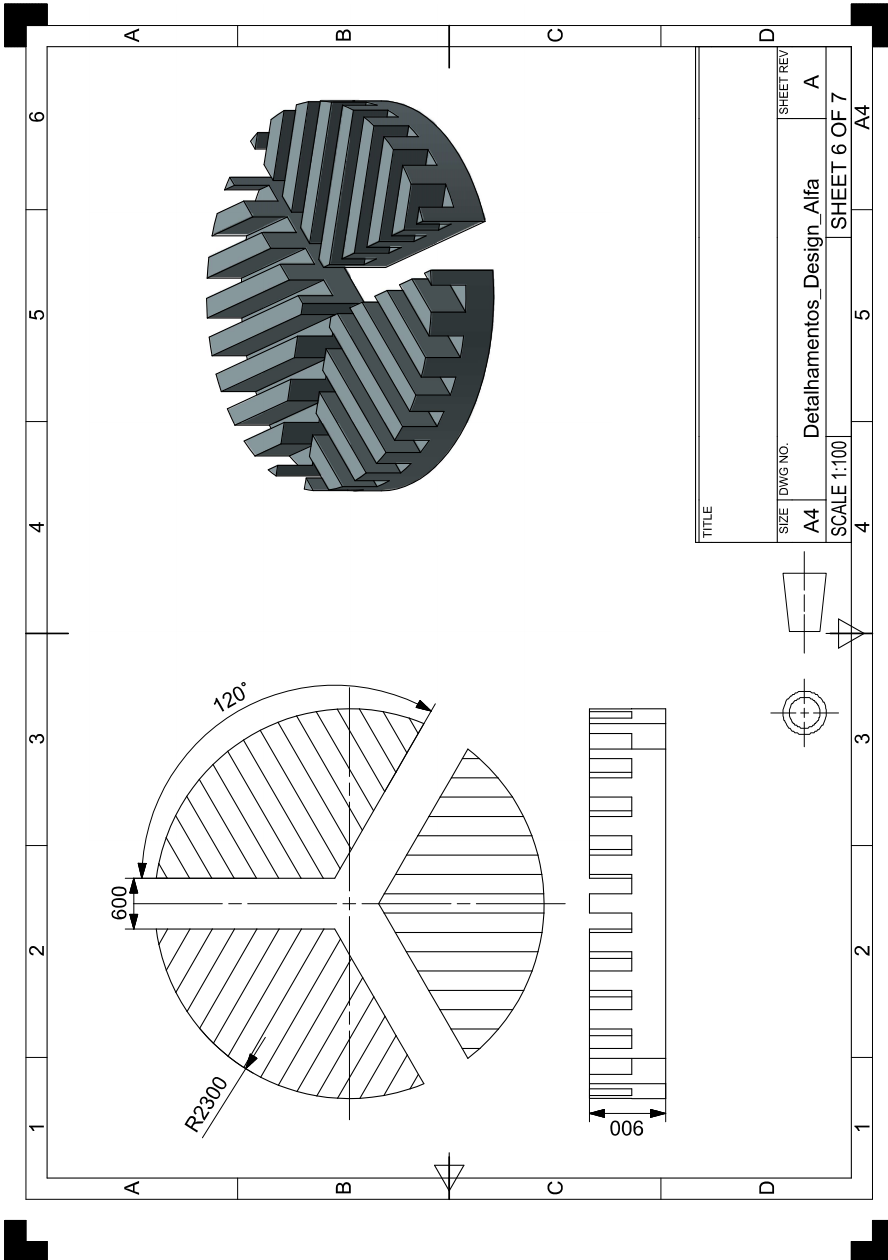




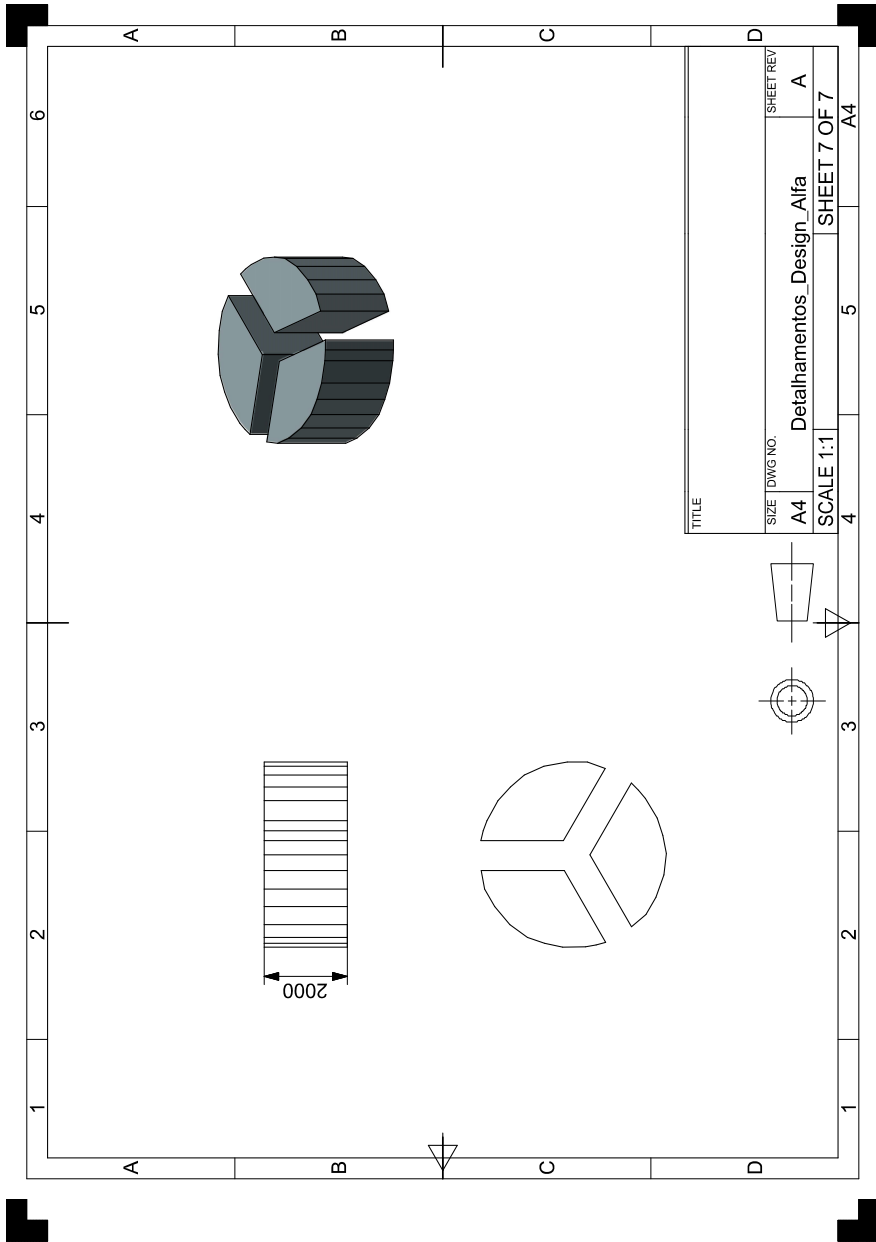
Desenho técnico referente ao Design forno ALPHA



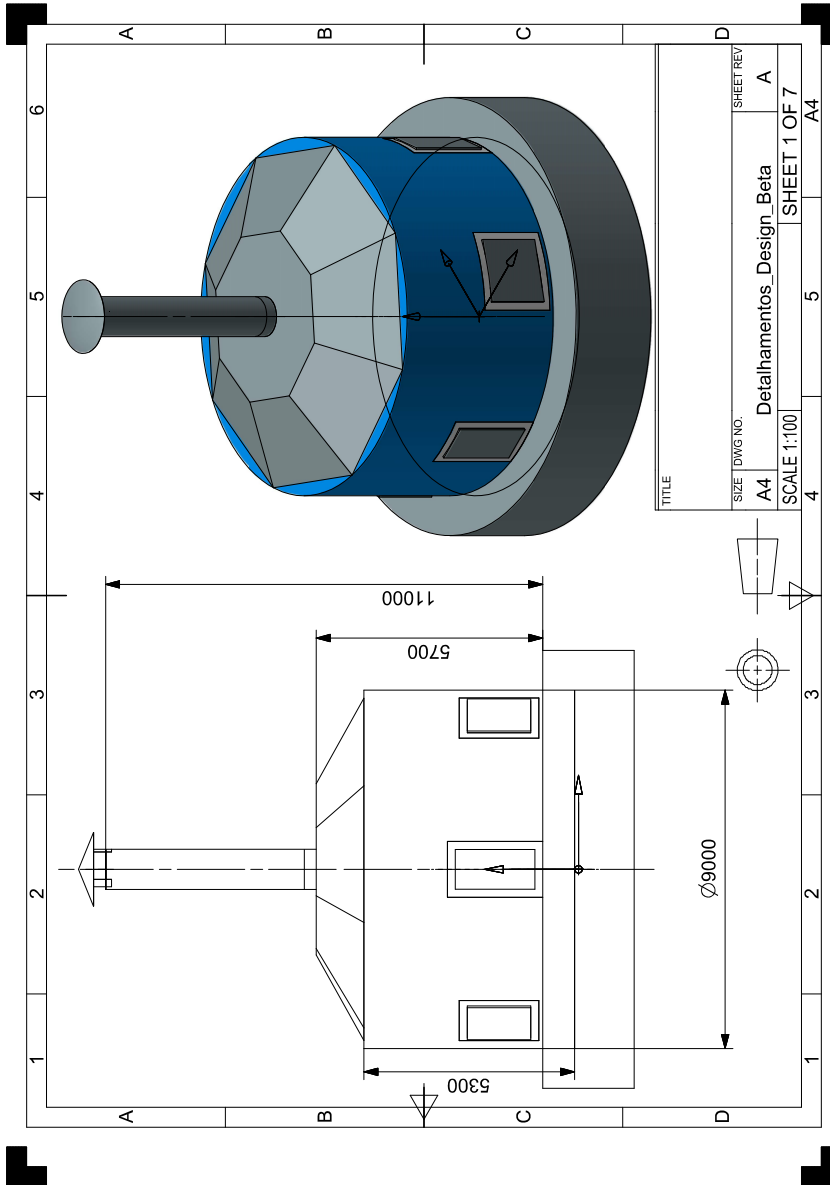
Desenho técnico referente ao Design forno ALPHA



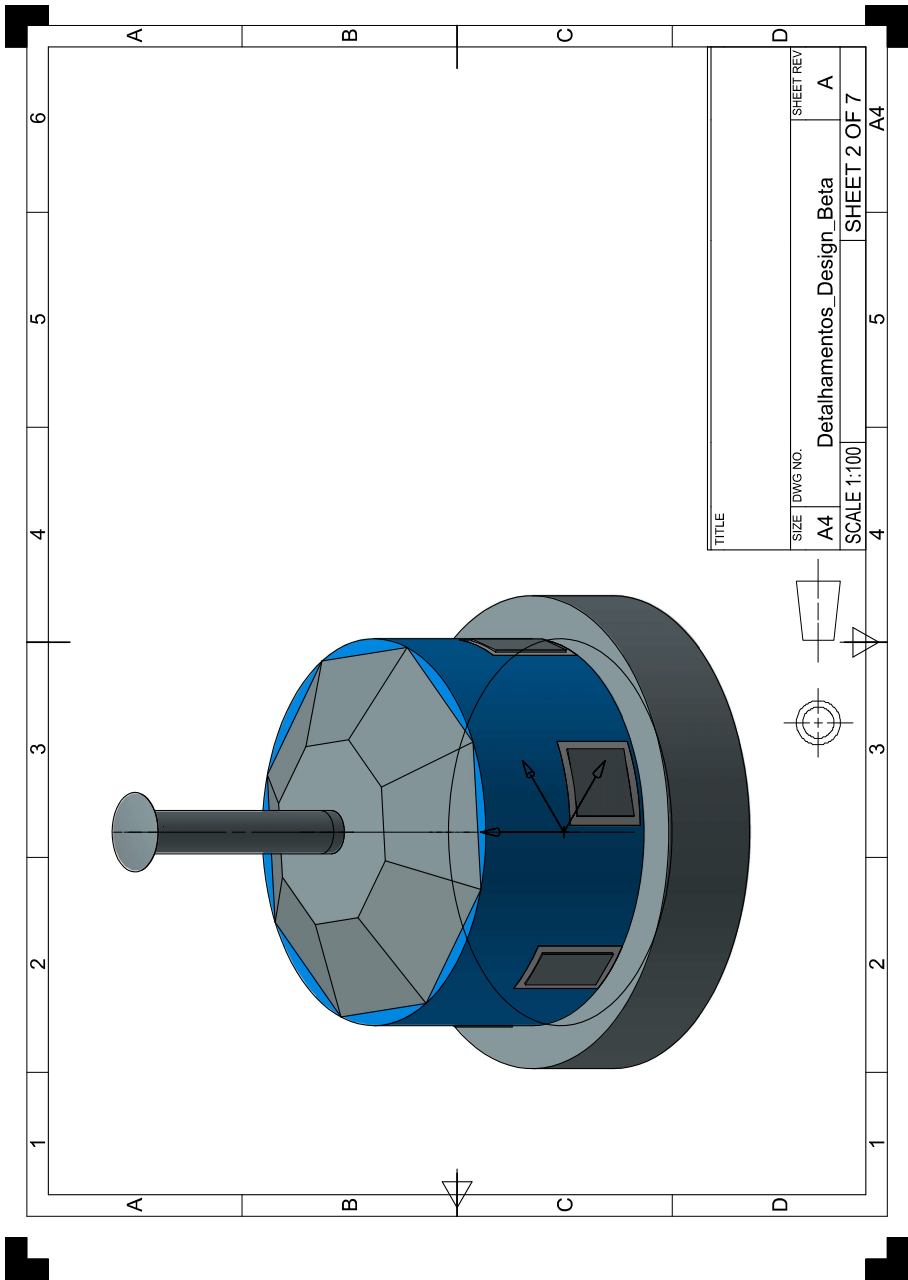
Desenho técnico referente ao Design forno ALPHA



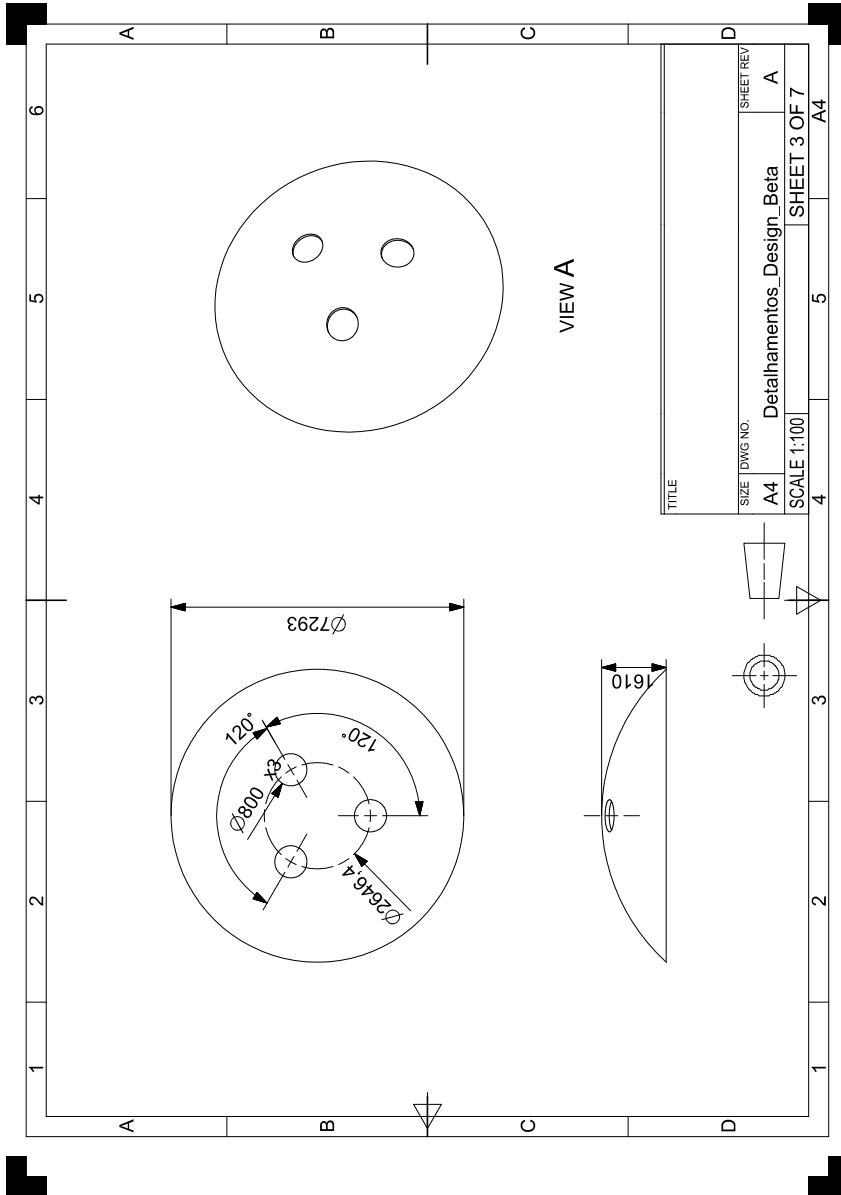
Pranchas dos desenhos técnicos referente ao Design modelo de forno BETA. Modelo que atendeu aos objetivos..



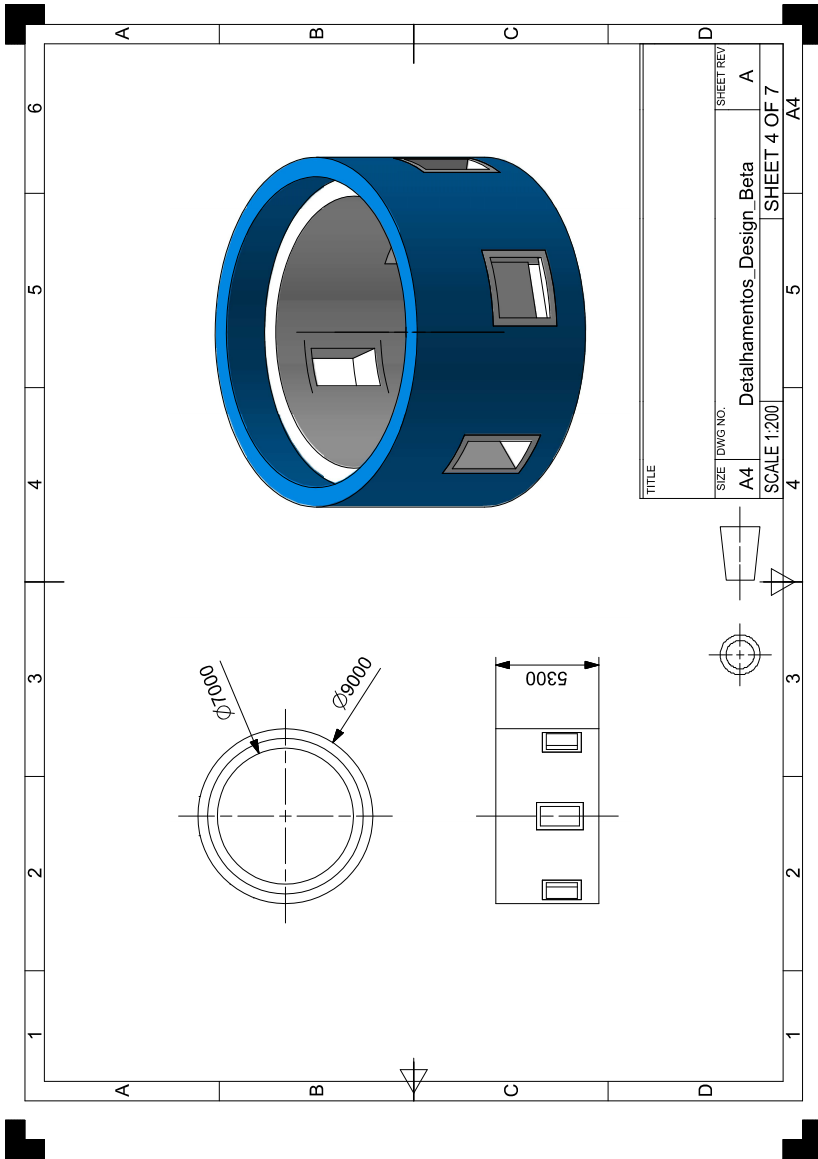
Desenho técnico referente ao Design forno BETA



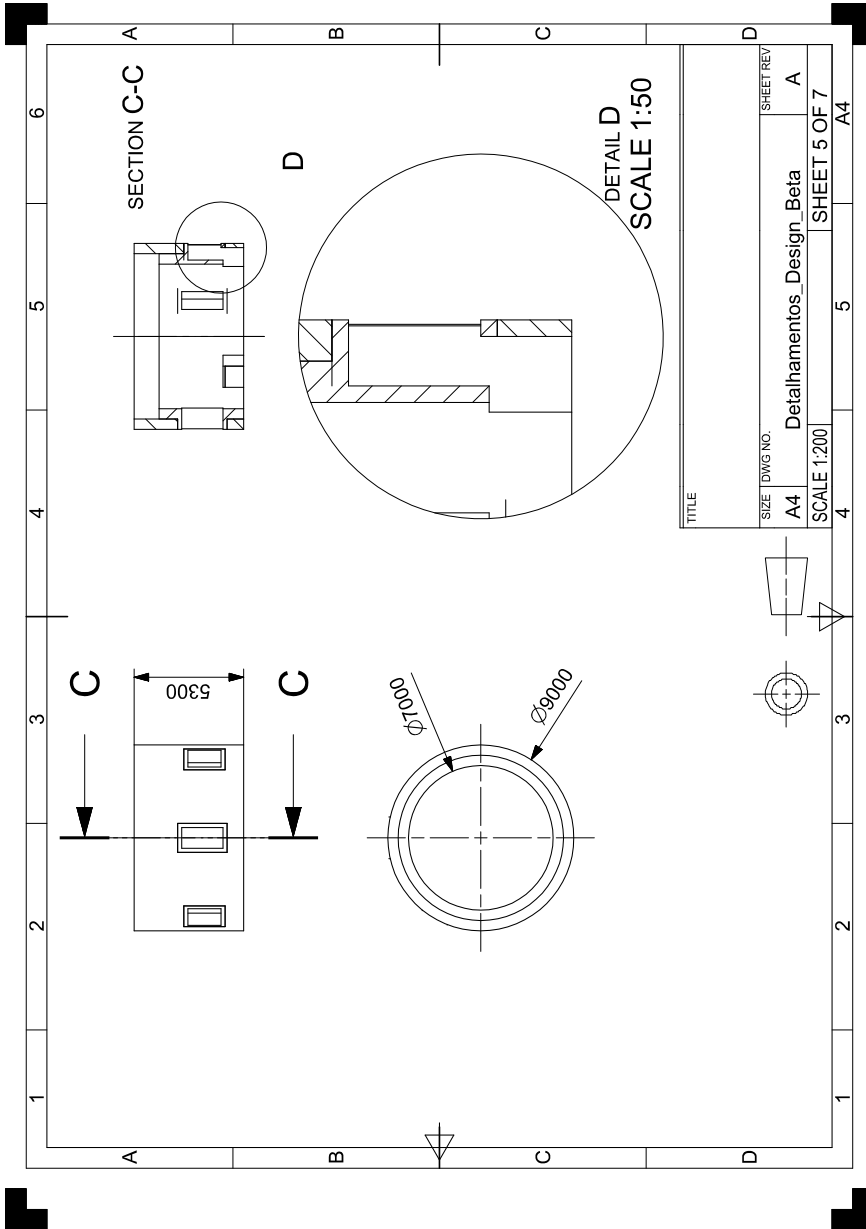
Desenho técnico referente ao Design forno BETA



# Desenho técnico referente ao Design forno BETA

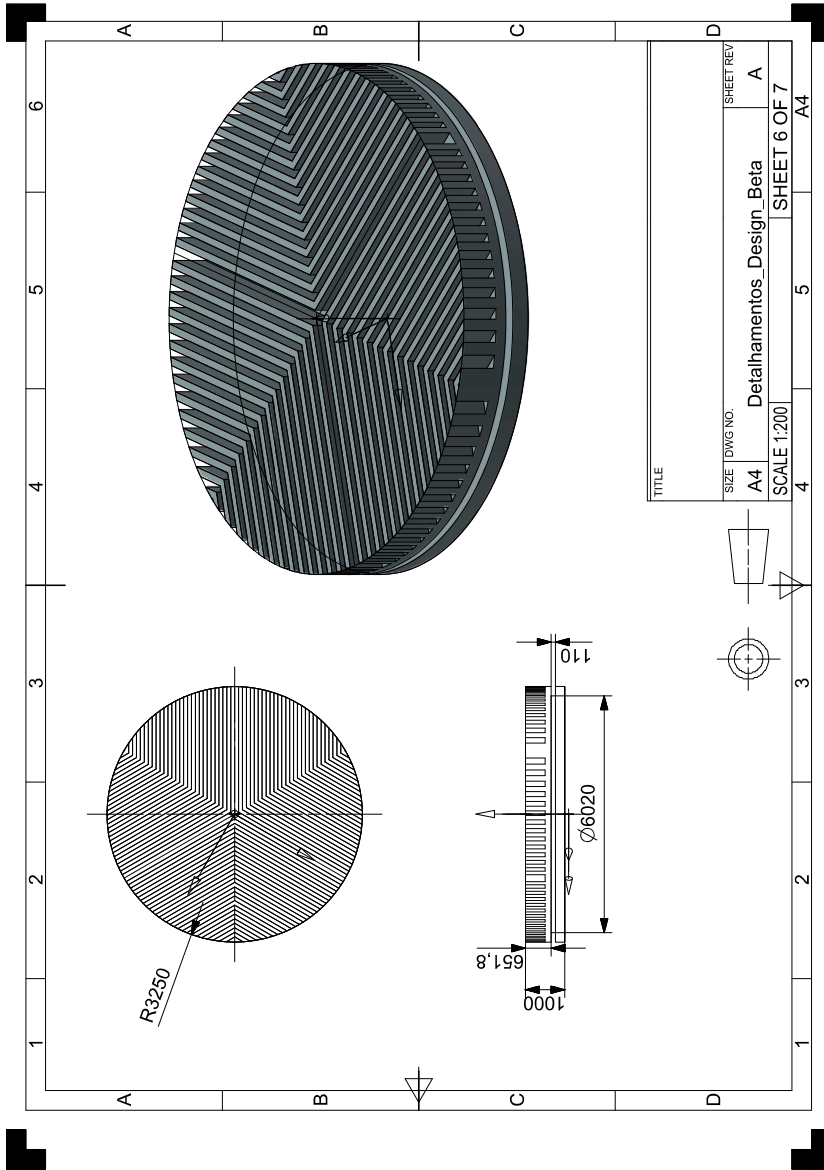


Desenho técnico referente ao Design forno BETA

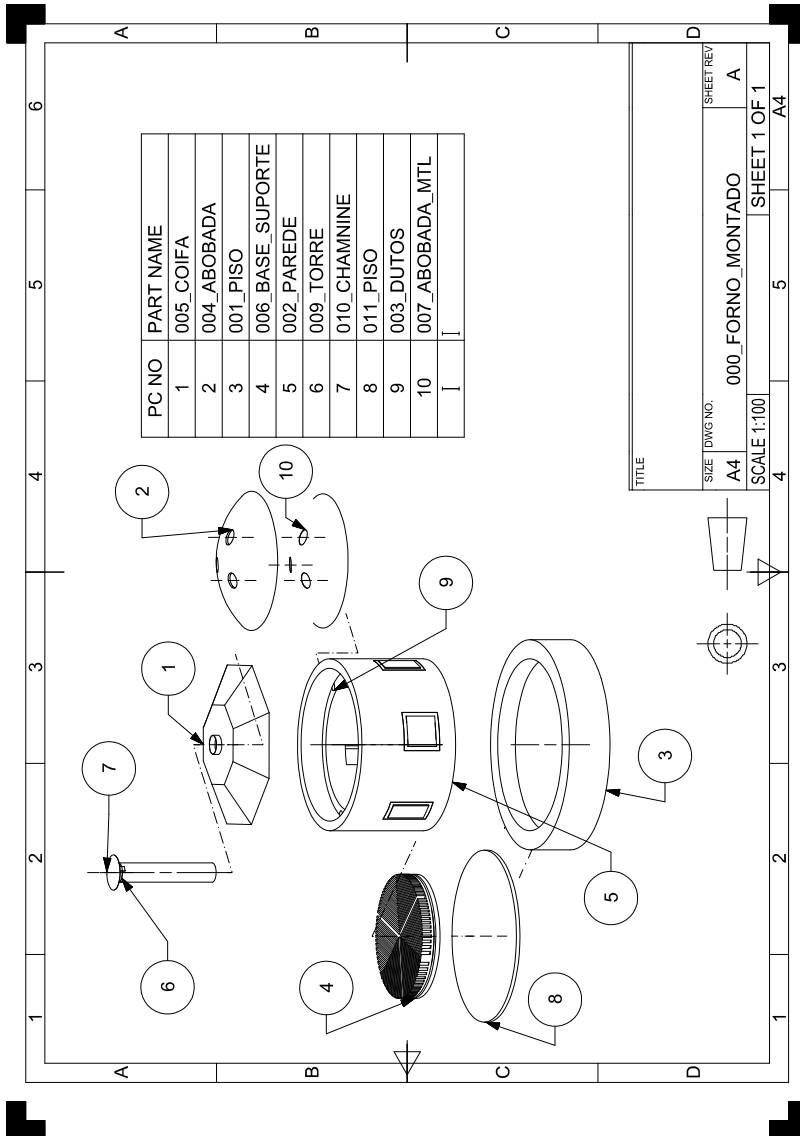




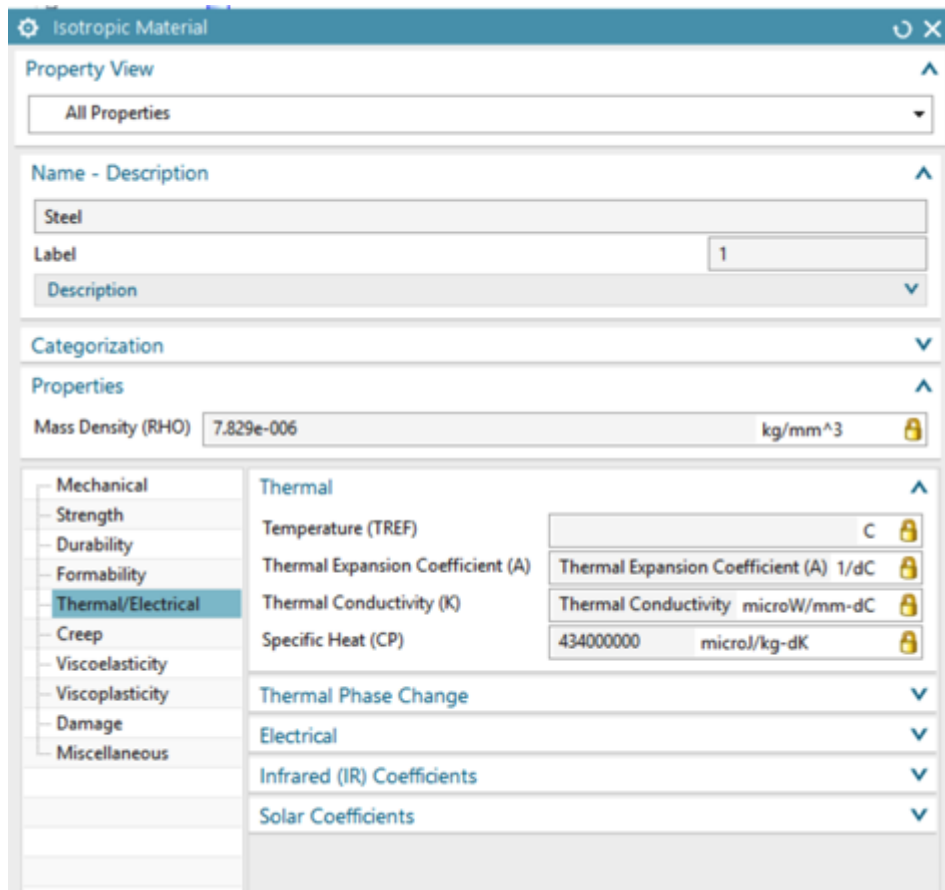
Desenho técnico referente ao Design forno BETA



Desenho técnico referente ao Design forno BETA



TABELAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS USADAS COMO PARÂMETROS NA SIMULAÇÃO.



Fluid Material

Property View

All Properties

Name - Description

Air

Label 5

Description

Categorization

Properties

Density Control Constant or Temperature or Frequency

Mass Density (RHO) 1.207e-009 kg/mm<sup>3</sup>

Damping Coefficient (GE)

Mechanical

**Thermal**

Other Physical Properties

Miscellaneous

Properties

Thermal Expansion Coefficient (B)	0.00341	1/dC
Thermal Conductivity Control	Constant or Temperature	
Thermal Conductivity (K)	26.3	microW/mm-dC
Specific Heat Control	Constant or Temperature	
Specific Heat (CP)	1007000000	microJ/kg-dK

Isotropic Material

Property View

All Properties

Name - Description

Tijolo\_Assar

Label 4

Description

Categorization

Properties

Mass Density (RHO) 0 kg/mm<sup>3</sup>

Category	Property	Value	Unit	Lock
Thermal	Temperature (TREF)		C	Lock
	Thermal Expansion Coefficient (A)		1/dC	Lock
	Thermal Conductivity (K)	.72	W/m-dC	Lock
	Specific Heat (CP)	.8	kJ/kg-dK	Lock
Thermal Phase Change				
Electrical				
Infrared (IR) Coefficients				
Solar Coefficients				

Mechanical

Strength

Durability

Formability

Thermal/Electrical

Creep

Viscoelasticity

Viscoplasticity

Damage

Miscellaneous

Isotropic Material

Property View

All Properties

Name - Description

Tijolo\_refratario

Label 2

Description

Categorization

Properties

Mass Density (RHO) 0 kg/mm<sup>3</sup>

Category	Property	Value	Units	Lock
Thermal	Temperature (TREF)		C	Lock
	Thermal Expansion Coefficient (A)		1/dC	Lock
	Thermal Conductivity (K)	1.39	W/m-dC	Lock
	Specific Heat (CP)	.84	kJ/kg-dK	Lock
Thermal Phase Change				
Electrical				
Infrared (IR) Coefficients				
Solar Coefficients				

Mechanical

Strength

Durability

Formability

Thermal/Electrical

Creep

Viscoelasticity

Viscoplasticity

Damage

Miscellaneous

Isotropic Material

Property View

All Properties

Name - Description

Tijolo\_Solido

Label 3

Description

Categorization

Properties

Mass Density (RHO) 0 kg/mm<sup>3</sup>

Category	Property	Value	Unit	Lock
Thermal/Electrical	Temperature (TREF)		C	Lock
	Thermal Expansion Coefficient (A)		1/dC	Lock
	Thermal Conductivity (K)	0.72	W/m-dC	Lock
	Specific Heat (CP)	.92	kJ/kg-dK	Lock
	Thermal Phase Change			Down Arrow
	Electrical			Down Arrow
	Infrared (IR) Coefficients			Down Arrow
	Solar Coefficients			Down Arrow

Mechanical

- Strength
- Durability
- Formability
- Thermal/Electrical**
- Creep
- Viscoelasticity
- Viscoplasticity
- Damage
- Miscellaneous

Tabela de referência utilizada para converter Kw/h em m<sup>3</sup>, modo pelo qual se pode obter resultados sobre volume de material combustível utilizado nas simulações dos sistemas testados.

Pinus 2500 kcal/kg

Eucalipto 4300 kcal/kg

Poder Calorífico

kW	KW.h	MJ/kg	kW.h/kg	KG	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Design	Exp.
3000	108000	20	5,5554	19440,54434	520	37,38566218	Alfa	R1
		19,42	5,39442934	20020,65338	943	21,23080952	Beta	R5

kW	KW.h	MJ/kg	kW.h/kg	KG	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Design	Exp.
3500	126000	20	5,5554	22680,63506	520	43,61660588	Alfa	R2
		19,42	5,39442934	23357,42894	943	24,76927778	Beta	R6

kW	KW.h	MJ/kg	kW.h/kg	KG	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Design	Exp.
4500	162000	20	5,5554	29160,8165	520	56,07849327	Alfa	R3
		19,42	5,39442934	30030,98007	943	31,84621428	Beta	R7

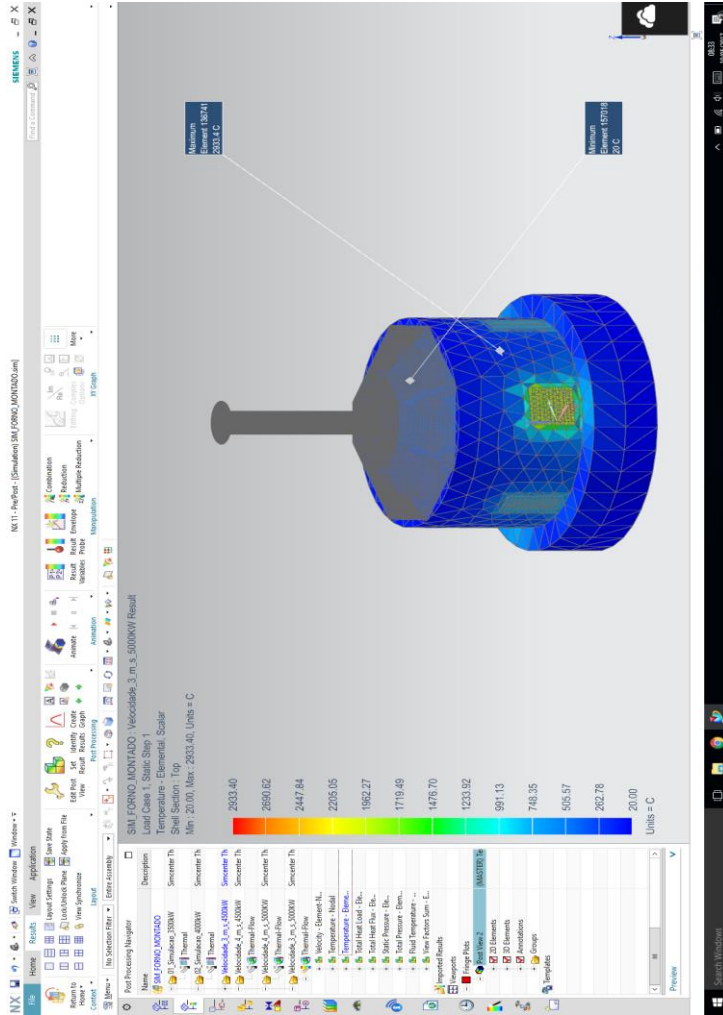
kW	KW.h	MJ/kg	kW.h/kg	KG	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Design	Exp.
5000	180000	20	5,5554	32400,90723	520	62,30943697	Alfa	R4
		19,42	5,39442934	33367,75563	943	35,38468254	Beta	R8



---

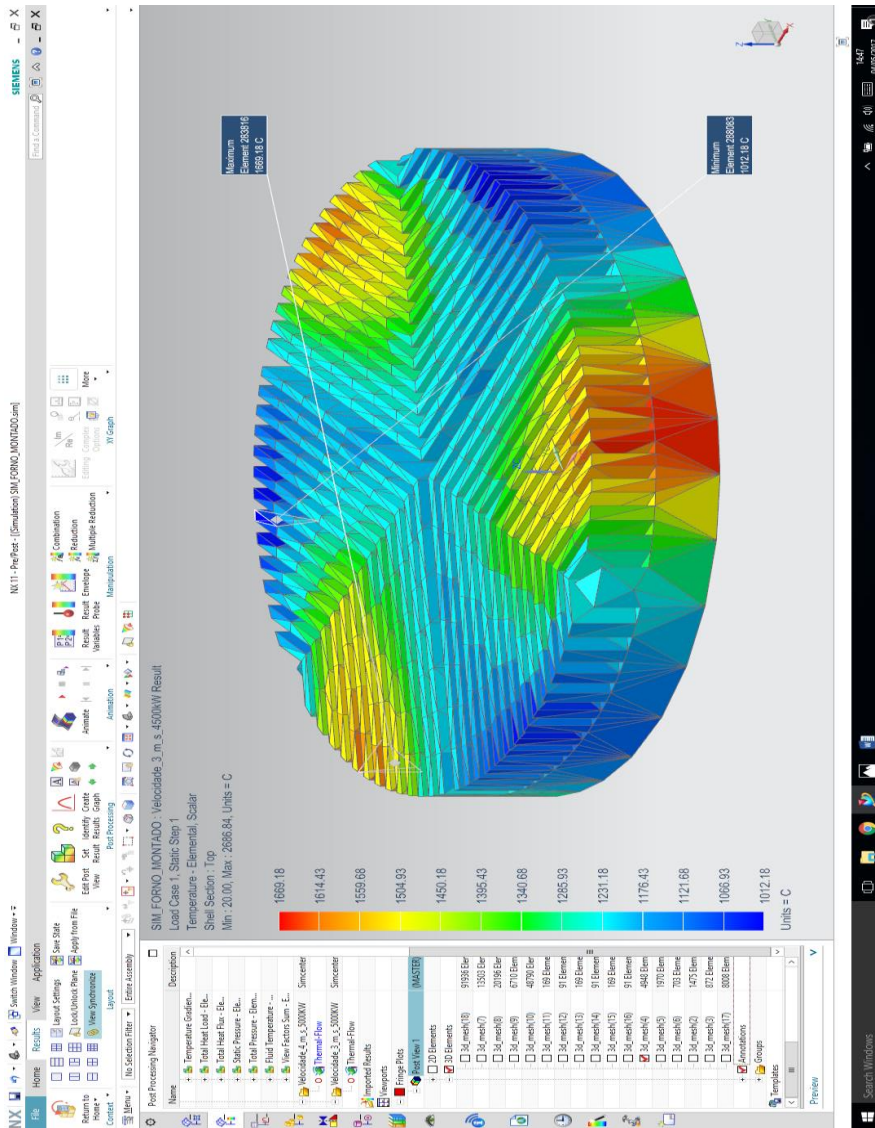
Imagens das simulações realizadas com o modelo beta, que representa o melhor dos resultados dos experimentos, de acordo com os parâmetros preestabelecidos pelo projeto informativo, assim como, atendeu aos principais objetivos que são, menos consumo de insumo madeireiro para uma quantidade padrão executada por estes fornos e garantir a geometria de queima, fator essencial à produção dos tijolos de cerâmica vermelha em sistemas produtivos tradicionais. As imagens possuem legendas com a medição da temperatura estabelecida por cor.

Resultado da simulação com medição das temperaturas das paredes externas ao forno.





Resultado da simulação com medição das temperaturas da base / suporte interno (piso) sob a carga de tijolos.



---

---

<sup>i</sup> O termo Ecodesign, proveniente da língua inglesa é utilizado amplamente no Brasil, como uma das filosofias para projetar objetos físicos e serviços em conformidade com os princípios do desenvolvimento sustentável. No idioma Espanhol se utiliza Eco Diseño.