

FORNO MODULAR PARA CERÂMICA

João Luís Barros

2024



ESCOLA SUPERIOR
DE ARTES E DESIGN

ESAD.CR
Escola Superior de Artes e Design
Do Instituto Politécnico de Leiria

Rua Isidoro Inácio Alves de Carvalho
2500-321 Caldas da Rainha

www.esad.ipleiria.pt

2024
Relatório de projecto final
Mestrado em Design de Produto

Autor

João Luís Zeferino Barros
joaoluisbarros@gmail.com

Orientador

Professor Fernando Brízio

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos ao professor Fernando Brízio pela orientação deste meu projecto. Ao meu pai por incentivar esta etapa da minha vida e, em simultâneo, ter incrementado os conselhos úteis no término da mesma. Ao João Queiroz pelo seu contributo na produção dos valorosos desenhos tão necessários para este documento. Ao João Mateus e à Leonor Barros pela contribuição para o tratamento de uma parte das imagens deste relatório. Agradeço também a todas as pessoas e empresas que de certa forma contribuíram para a conclusão desta investigação.

RESUMO

É do conhecimento geral que um forno é imprescindível para o trabalho do ceramista; sem ele, o processo de produção não se finaliza. É fundamental cozer o barro para obtermos o produto final que todos conhecemos, contemplamos ou utilizamos. Esta ferramenta, o forno, nem sempre consegue potenciar o ajuste à cerâmica a cozer, sendo esta que obrigatoriamente se acomoda, com a desvantagem sobre um processo criativo que se pretenderia livre das barreiras que a volumetria do forno industrial standardizado tem. A interação entre um projecto de produção em cerâmica e a “ferramenta” que o finaliza, é o ponto de partida para o desenvolvimento de um forno que se ajuste ao propósito livre e criativo do ceramista, contemplando as exigências de volumetria e, sobretudo, possa adequar-se harmonicamente à capacidade do material a cozer e, bem assim, à necessidade de espaço de circulação do combustível exigido pela queima. Um forno concebido com este propósito, obriga-se a aumentar ou reduzir a sua capacidade, alterando a largura e altura, e daí permitindo diferentes capacidades e atmosferas internas, criando benefícios em energia, também favoráveis economicamente ao trabalho do ceramista.

Palavras-chave

Cerâmica, ferramentas, design, fornos para cerâmica, materiais cerâmicos, sustentabilidade, modularidade.

ABSTRACT

It is common knowledge that a kiln is essential to the potter's work; without it, the production process cannot be completed. It is essential to fire the clay in order to obtain the final product that we all know, contemplate or use. This tool, the kiln, is not always able to potentiate the adjustment to the ceramic to be fired, being this one that obligatorily accommodates itself, with the disadvantage over a creative process that one would like to be free from the barriers that the volumetry of the standardized industrial kiln has. The interaction between a ceramic production project and the "tool" that completes it, is the starting point for the development of a kiln that fits the free and creative purpose of the ceramist, contemplating the volumetric demands and, above all, being able to harmonically adapt to the capacity of the material to be fired as well as the need for space to circulate the fuel required for firing. A kiln conceived for this purpose, must increase or reduce its capacity by changing the width and height, thus allowing for different capacities and internal atmospheres, creating energy benefits that are also economically favourable to the potter's work.

Keywords

Ceramics, tools, design, ceramic kilns, ceramic materials, sustainability, modularity.

*Este documento foi escrito ao abrigo
do antigo acordo ortográfico.*

ÍNDICE

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	10
Fundamentação do projecto	13
Fornos para cerâmica	19
Desenvolvimento do projecto e do protótipo do forno	37
Base do forno	44
Paredes do forno	49
Tampa do forno	56
Caixa itinerante e sequência de montagem do forno	60
Cozeduras experimentais	72
Primeira cozedura	73
Segunda cozedura	80
Terceira cozedura	85
Quarta cozedura	92
Quinta cozedura	97
Sexta cozedura	102
Resumo da análise das seis cozeduras	111
Conclusão	113
Glossário	115
Bibliografia	117
Índice de figuras	119
Anexos	123

INTRODUÇÃO

A necessidade de um forno cerâmico que se adapte ao propósito criativo de um ceramista, que lhe traga variáveis no que concerne à capacidade interior do recetáculo por forma a poder conceber um trabalho livre das barreiras limitativas que os fornos estandardizados oferecem, é o objectivo deste projecto.

Muitos ceramistas já, certamente, terão experimentado as limitações inerentes aos fornos convencionais, nomeadamente no que concerne a condicionantes que dificultam a cozedura de peças cerâmicas de grandes dimensões. Destas condicionantes, sempre que as peças excedem a volumetria dos fornos e obrigam à sua redução, surge a necessidade de estudar um artefacto adaptativo capaz de acondicionar essas peças, permitindo uma flexibilidade de produção que perdure no tempo e que se vá adaptando à criatividade de cada autor. Até aqui, estas necessidades foram sendo remediadas com a construção de aparatos fabricados rudimentarmente, com materiais pouco adequados ao propósito desejado, quase sempre sem a aplicação certa da vertente tecnológica ou científica e, por consequência, com gastos supérfluos de recursos para obter energia térmica, com desgaste rápido dos materiais utilizados e, por vezes, com resultados errados nos objectivos finais previstos, etc. Os processos de cozedura alcançados por estes efémeros artefactos, estão quase sempre condicionados por deficiência no isolamento térmico pelos materiais precários empregues, também porque foram concebidos para solucionar casos isolados e sem previsão de utilização futura, acabando estes “fornos” no abandono ou desmantelamento para aproveitamento dos materiais não perecíveis, logo que cumpriram o objectivo pretendido.

É com a vivência dos contratempos criados pelas limitações das volumetrias dos fornos estandardizados que aqui se propõe e descreve,

o processo da construção de um forno que se adapta às peças de cerâmica a criar e que perdura no tempo.

Existem no mercado algumas marcas de fornos cerâmicos que exploram a adaptabilidade em altura, podendo acoplar anéis sucessivos, mas mantendo sempre rígido o envolvimento exterior o que impede o seu alargamento. São fornos construídos industrialmente com materiais refratários compactos e envoltimentos metálicos espessos, tornando-os extremamente pesados.

O que se pretende é conferir maior flexibilidade de utilização do forno, em termos da sua adaptabilidade à diversidade de tamanho das peças a cozer.

Um aparato de combustão a gás, que tenha a faculdade de poderem-lhe ser acopladas secções, não só superiores, mas também laterais, passa a ser um forno adaptável à cerâmica a cozer, com volumetria interna variável, satisfazendo as exigências pontuais do ceramista. Este forno de volumetria variável, concebido para envolver e cozer qualquer peça de cerâmica, não substitui de forma definitiva os fornos standardizados porque a diversidade do trabalho em atelier exige, quase sempre, que se requeiram cozeduras sustentadas por repetição e precisão que este forno pode não cumprir.

Num forno convencional, com isolamento térmico adequado, com um caudal térmico perfeito e com as temperaturas altamente controladas digitalmente, com isolamento e caudal térmicos perfeitos, trazem sucessivamente às peças cerâmicas a dureza, o toque e a cor perfeita, enquanto no forno modular, pela sua fragilidade, manuseamento e desgaste, os eventuais resultados osciláveis em temperaturas, não alcançam a mesma precisão. É podendo abdicar-se de alguma dessa precisão e considerando que as peças possam assumir dimensões fora dos parâmetros do forno standardizado, que se torna imprescindível o forno de volumetria adaptável. Serve este forno para o ceramista obter projectos alternativos aos parâmetros da cerâmica de pequeno

porte, enquadráveis num vulgar forno cerâmico do mercado, dotando-o com uma “ferramenta” complementar de rápido caudal térmico e redução considerável de tempo de cozedura e, ao mesmo tempo, capaz de permitir ensaios e experimentação de pastas com interrupções bruscas de calor, para além da mobilidade e fácil armazenamento do forno. Esta flexibilidade térmica é impossível de se obter num forno convencional, onde os controladores digitais, com patamares de energia e horas determinados previamente, seguem esse ciclo ininterruptamente até ao final da cozedura.

Por último, no forno modulável, o curso da cozedura pode alterar-se ou interromper-se a qualquer momento, podendo ser injectado ou reduzido o caudal de combustível sempre que o ceramista o pretenda.

FUNDAMENTAÇÃO DO PROJECTO

Muitos daqueles que se dedicam à cerâmica, poderão compreender um factor de preocupação sempre que pretendam produzir uma peça cerâmica, de dimensões "exageradas", a maioria das vezes construída sem plano ou desenho prévio, constituindo sempre peças únicas ao sabor da criatividade momentânea. Esta diversidade volumétrica gera uma constante reflexão sobre o último patamar da actividade de um ceramista, a cozedura das peças.

O recetáculo interno e estático dos fornos para cerâmica, obriga a uma certa limitação volumétrica e, por vezes, criativa das peças. Pelo contrário, entende-se que são as peças que devem obrigar ao seu envolvimento para cozedura. A partir desta reflexão, poderemos ser tentados a encontrar soluções empíricas na construção de fornos, quase sempre efémeros e sujeitos a desilusões, mas que ficam como casos de experiência e estudo. É esta reflexão e prática que tende a induzir a procura de novos caminhos e processos para construção de um forno cerâmico, não já de existência efémera, mas de utilização permanente.

Adicionalmente, os fornos convencionais, enfermam também de um excessivo peso que os tornam estáticos e, sempre que se pretende deslocá-los por motivos de força maior, tem que se lançar mão de máquinas adequadas à brutalidade do peso e volumetria. O conceito de versatilidade criativa que preside ao trabalho do ceramista, poderá assim estender-se ao forno cerâmico, levando a que este deva ser leve, adaptável e móvel, podendo servir em espaços internos ou ao ar livre.

Um projecto como este, surge agora por motivos académicos, juntando-se aos preocupantes anseios anteriores em encontrar solução para as necessidades sentidas e para ultrapassar as barreiras descritas acima.

De acordo com pesquisas feitas, as soluções disponibilizadas no mercado, em termos de fornos destinados à cerâmica, não proporcionaram grandes êxitos, senão mesmo uma enorme desilusão. À exceção de um ou outro forno que tinham elementos adaptáveis de crescimento, pouco serviam o que se pretendia em termos de adaptação à variabilidade de dimensões e volumetrias dos trabalhos de cerâmica.



Figura 1 Mufra RODHE-TE 200S



Figura 2 OLYMPIC-2327G gas kiln

Igualmente, as pesquisas através de livros que relatam construções de fornos para cerâmica, tratam de forma bem eficaz as técnicas de construções de fornos industrializados, referência também sobre fornos ancestrais, e pouco adiantam ao propósito pretendido deste projecto, ajudando apenas na resolução de problemas técnicos, destacando o contributo do documento **The Kiln Book materials, specifications & construction** de, Frederick L. Olsen, tratado sobre construção de todo o tipo de fornos estáticos que tem ajudado, juntamente com outros documentos, a ultrapassar etapas e resolver problemas técnicos. No entanto, os conceitos de: prático, leve, móvel, adaptável ao ambiente circundante e ao seu conteúdo, sustentável economicamente

e servindo eficazmente o producto artístico do ceramista, não consta, de forma objectiva, em obras publicadas.

O forno modulável para cerâmica, para além do seu eventual potencial inovativo é, antes de mais, um dispositivo com capacidade de responder a uma particular necessidade do seu utilizador, ao pretender envolver peças de cerâmica singulares, para as cozer, propósito que não se encontra na literatura da especialidade.

A técnica de cozedura de Raku, é a que se aproxima mais dos princípios do forno pretendido. Esta técnica milenar originária do Japão, que está associada ao culto do chá, produzia acima de tudo taças e chávenas para essa tradição. O ceramista Bernard Leach em 1920, introduziu esta técnica no ocidente, vulgarizando-a ao ponto de hoje o Raku servir para produzir todo o tipo de peças cerâmicas, sejam para utilização ou ornamentação. Esta técnica não tem necessariamente que ter um forno complexo, bem pelo contrário, o que hoje em dia os ceramistas utilizam são aparatos mais ou menos simples, que passam por bidons ou outros recipientes metálicos, internamente revestidos com manta em fibra refractária, adaptados para a acção da cozedura. São objectos leves, transportáveis, mas em simultâneo, perecíveis devido à sua estrutura metálica externa ter pouca solidez e, por consequência, tornarem-se também vulneráveis aos choques térmicos. Partindo deste saber e quebrando este formato rígido do forno para Raku, investiga-se um habitáculo formado por paredes que se armam e desarmam através de encaixes, ajustando-as aos objectos a queimar e, terminada a cozedura, o forno pode ser desmontado e arrumado em espaço reduzido, deixando o atelier totalmente desimpedido. O forno para Raku tem combustão a gás, tecnologia também pretendida para este projecto, tendo também semelhanças na complexidade de design e na maquinaria empregue.

O mestrado em design de produto, veio contribuir para pensar objectos destinados também a outros utilizadores, para lá do alcance prazeroso que motiva quase sempre a actividade do ceramista. Abre-se um

caminho de produção de fornos capazes de colmatar faltas em ateliers de cerâmica, preencher vazios pedagógicos em estabelecimentos de ensino ou cooperativo, servir ceramistas/artistas plásticos sem instalações alargadas, etc., com a certeza de que os seus objectivos criativos não estão condicionados pela volumetria do forno. Esta abordagem complementar, não pretende substituir os fornos convencionais, sejam eléctricos ou de combustão a gás, mas tão só criar condições de mobilidade/complementaridade à criação artística, ultrapassando barreiras até aqui existentes nos fornos standardizados.

Recapitulando, o objectivo diferenciador deste forno passa por: ser adaptável ao projecto/objecto cerâmico a cozer; ser consideravelmente mais leve que um convencional; ser desmontável, podendo ser armazenado em espaço exíguo, inclusive numa viatura ligeira e, por fim, ter total mobilidade em espaços internos e externos.

O forno é constituído por chapas de aço inox, cobertas no interior por materiais de isolamento térmico, que vão da manta em fibra ao tijolo refractário, passando por placas rígidas em fibra, cola refratária para alta temperatura, rodas giratórias com rodado de borracha para facilitar deslocações. Para lá do recetáculo, o forno é constituído ainda pelos equipamentos necessários à combustão do gás, que abarcam os queimadores, o pirómetro e o controlador de leitura da temperatura e, bem assim, a botija que armazena o combustível, equipamento também desmontável e acondicionado separadamente.

O design do forno foi estudado para permitir o encaixe e mobilidade das paredes, criando uma dinâmica espacial que vai da forma quadrangular à pentagonal na sua planta, podendo elevar-se também por secções sucessivas de anéis. Cada anel tem as mesmas unidades das paredes do anel inferior, apenas a sua altura difere do anel da base (500mm para o anel da base e 300mm para o anel superior), como se calcula, a expansão ou a redução da volumetria interna do forno, provoca atmosferas e tempos de cozedura diferentes. Tem como função cozer qualquer tipo de pasta cerâmica (barro vermelho, faiança,

grés e porcelana), sendo necessário encontrar as soluções ideais ao nível do material refractário que irá preencher o seu interior. Esta é a exigência que o vai dotar de uma capacidade de desempenho melhorado para os múltiplos fins térmicos a alcançar. Merece atenção cuidada a união desse material refractário à estrutura metálica exterior, nas três partes que constituem o forno (base, paredes e tampa). A utilização destes materiais foi testada ao longo dos últimos meses, tendo em conta também as experiências que fui colhendo como ceramista.

O aço inox, tem a particularidade de ser muito resistente à corrosão e, nomeadamente, quando exposto ao fogo e a altas temperaturas. O material refractário utilizado, baseia-se em três componentes, a fibra cerâmica em manta flexível, placas em fibra rígida e tijolo refractário. Estes três materiais foram utilizados para fins distintos neste projecto. A fibra em manta está inserida na tampa, colada directamente em toda a superfície da chapa de aço inox. A manta em fibra, pela sua flexibilidade e poder de isolamento térmico (neste caso está preparada para reter temperaturas próximas dos 1400°C), ao cobrir toda a superfície da tampa, constitui um material excelente para o contacto com as placas de fibra rígida fixas às paredes verticais, esperando criar as condições ideais de isolamento nas interceções entre a tampa e o cimo das paredes. A tampa do forno, pelo seu peso, poderá ser suficiente para comprimir todos os materiais isolantes, sem necessitar de introduzir-lhe mecanismos de aperto e fixação. A placa rígida em fibra poderá ser aplicada tanto nas paredes como na base, com espessuras diferentes, dotando o forno com grande isolamento térmico, resistência ao desgaste e impedimento de eventuais deformações causadas pelas sucessivas utilizações. Quanto ao tijolo refractário, será aplicado exclusivamente na base. Devido ao elevado peso dos tijolos, a sua utilização não se aplicou nas paredes, contrariamente à produção dos fornos estandardizados, que são maioritariamente fabricados internamente com esse revestimento térmico. Por fim, os materiais isolantes que poderão preencher todo o interior do forno, serão

aplicados nas superfícies de aço inox com cola para alta temperatura, reforçada pontualmente com anilhas e pernos cerâmicos apropriados.

FORNOS PARA CERÂMICA

Desde que os primeiros objectos de cerâmica chegaram ao conhecimento científico contemporâneo, que se questiona a forma como foi aplicado o fogo sobre as peças ao longo dos tempos. Do rudimento inicial, com baixas temperaturas alcançadas através de fogueiras em cima do solo ou em pequenos poços, envolvendo a argila com lenha e lançando-lhe fogo, a evolução da cerâmica foi crescendo não só pelo apuramento das pastas, mas primordialmente, pela refinada tecnologia que se foi alcançando nos processos de cozedura.

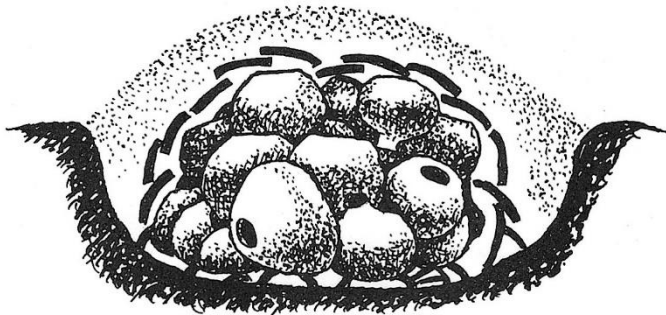


Figura 3 Fornada em poço aberto. (imagem retirada do livro: Hornos para Ceramistas de Daniel Rhodes.

As covas, foram a forma mais primitiva para a queima das peças cerâmicas de que se tem conhecimento (processo ainda em voga em alguns locais do planeta). O homem ancestral, pela observação de pequenas partículas de barro, endurecidas casualmente numa fogueira,

surpreendeu-se com esse fenómeno e canalizou esse conhecimento para outros fins, partindo então das fogueiras a céu aberto, para as suas primeiras cozeduras cerâmicas.

As aberturas no chão possibilitaram a construção de paredes naturais para retenção de calor, esta forma de cozer cerâmica, chegou aos nossos dias, com a designação de Soenga, podendo ainda hoje contemplarmos a cerâmica retirada de covas cobertas por terra e lenha na freguesia de Molelos, Tondela ou em Gondar, Amarante. Esta cerâmica é muito conhecida pelo seu tom escuro, originado pelo processo de óxido-redução, a temperaturas que rondam os 1000°C, abafando com terra, na fase final da cozedura, as peças cerâmicas com o propósito de impedir que o oxigénio penetre, originando fumo que decora o barro com tonalidades cinzentas, cinzentas metalizadas ou negras.



Figura 4 Soenga (www.artepopularportuguesa.org/cesar-teixeira).

A evolução dos fornos, está primordialmente ligada à terra, com início em terreno plano e vai evoluindo para pequenas encostas, com paredes e câmaras naturais escavadas na montanha, para obter maior isolamento térmico e apurar a cozedura.

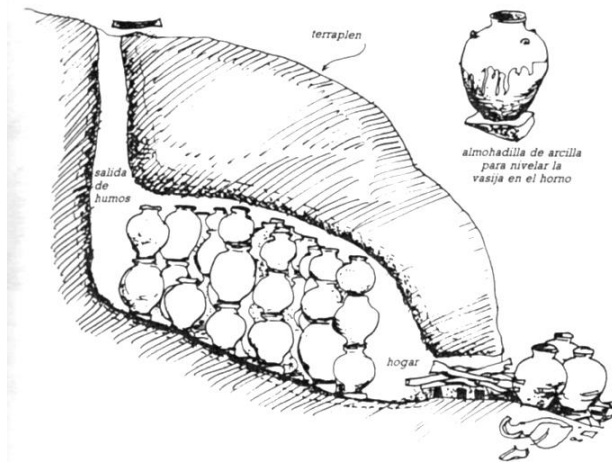


Figura 5 Forno japonês escavado em monte (imagem retirada do livro: Hornos para Ceramistas de Daniel Rhodes).

Esta evolução, pode também ser observada em fornos romanos datados do sec. I a.c. e que perdurou até ao sec. II d.C. cujas ruínas perduraram até hoje em Peniche (Morraçal da Ajuda). Foram fornos escavados no solo e, após abertura das câmaras, as paredes naturais foram posteriormente cobertas com tijolo seco ao sol (adobe), argamassado com argila contra as paredes, endurecendo ao longo das sucessivas cozeduras, num processo de "auto-cozedura" criando também um bom isolamento térmico.

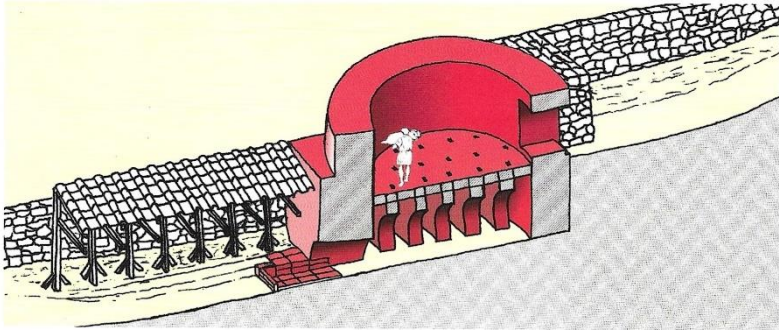


Figura 6 Forno romano, escavado no chão (imagem retirada do livro: A Olaria Romana de Lúcio-Morraçal da Ajuda).

Os modelos de fornos seguintes, evoluíram para a criação de paredes levantadas em pedra, calafetadas com barro e, posteriormente, para paredes em tijolo também calafetados com argamassas em argila, abandonando definitivamente a dependência da terra para o seu encosto, originando fornos capazes de se suste­rem estruturalmente sem perder isolamento, potenciando a temperatura e dotando o forno com maior eficácia, para além de suprimir um gigantesco trabalho manual de escavação no solo.

Esta evolução, levou também à criação de duas câmaras no forno, uma destinada a albergar a cerâmica a cozer e a outra, adjacente, (com comunicação entre ambas), para desenvolver o aquecimento por meio de lenha em combustão. As peças cerâmicas, a partir daqui, passaram a poder estar separadas da chama, permitindo que os possíveis defeitos na estrutura e decoração não fossem tão intensos, obtendo-se assim, peças cerâmicas mais resistentes e com decorações de maior clareza.

De referir que a cerâmica envolvida em camadas de lenha, é constantemente posta à prova com choques térmicos abruptos e faltas de oxigénio, originando “reduções” fazendo com que as peças obtenham tonalidades inesperadas. As atmosferas homogéneas das

fornadas no interior do forno vieram trazer à cerâmica uma maior estabilidade em toda a sua estrutura.

Os materiais empregues na construção de fornos foram também evoluindo pela acção dos desenhos de concepção de fornos, das necessidades de aferição térmica e tendo também em conta a observação feita aos resultados de cozeduras anteriores, trazendo para destaque materiais que eram escassamente utilizados, tais como os tijolos refratários e as argamassas argilosas refractárias, até aí utilizados no calafetamento das estruturas de construção dos fornos para cerâmica. Os tijolos refratários, tiveram um incremento primordial nestas construções, dado que os tijolos crus aplicados anteriormente se iam auto-cozendo em sucessivas fornadas, sempre com desgaste e deformações incontroláveis, provocando deficiências de isolamento e fugas térmicas. Ao dotarem os fornos com tijolos refratários já cozidos e previamente adicionados com componentes eficazes para resistência às temperaturas elevadas, ao desgaste e à redução do peso, entre outros factores, a performance elevou-se consideravelmente.

Por este período, adicionou-se uma terceira câmara na construção dos fornos, designada por chaminé, passando assim a existir, para além da câmara de combustão e do recetáculo das peças de cerâmica, a existir um espaço autónomo para a evacuação dos gases, ao contrário do que acontecia com a remoção directa do tecto da câmara das peças para a atmosfera.

Os fornos evoluíram para desenhos de arquitectura interna, diversificando o percurso de circulação do ar quente, por forma a reter o máximo de calor na câmara de cozedura das peças.

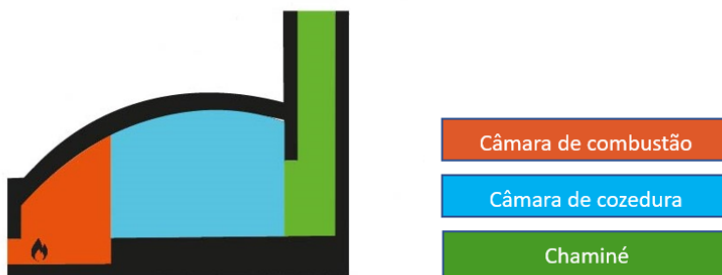


Figura 7 Esquema de separação das câmaras dentro de um forno.

Sintetizando, a circulação do calor e dos gases no forno inicia-se com a sua saída directa da única câmara de combustão e cozedura para a atmosfera, conhecida como "circulação de gases **superior**"; numa segunda versão, os gases elevam-se na vertical, depois invertem o percurso até encontrar, na base da câmara, a janela de saída para a chaminé, numa "circulação **invertida**"; por fim, a versão com percurso de subida inicial dos gases e posterior descida em ziguezague na câmara de queima das peças embatendo nas duas paredes frontais numa "circulação **cruzada**" até encontrar na base a janela de saída para a chaminé.

Excepção na construção dos fornos eléctricos, onde existe apenas uma só câmara, sendo nela que se conclui todo o processo de cozedura recorrendo a resistências eléctricas, que envolvem as peças cerâmicas tendo apenas uma abertura de saída de gases, instalado no topo do próprio recetáculo. Recentemente, investigações levaram a um melhor desempenho térmico introduzindo a janela de saída dos gases na proximidade da base do forno.

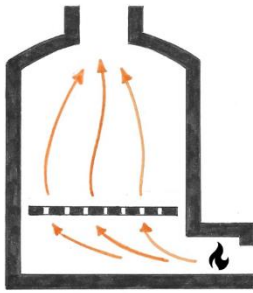


Figura 8 Circulação superior.

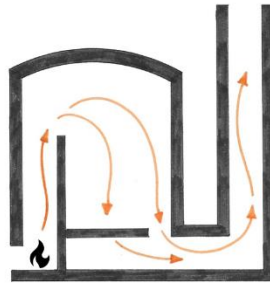


Figura 9 Circulação invertida.

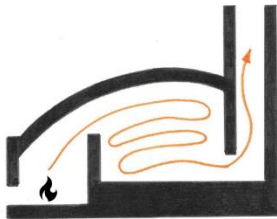


Figura 10 Circulação cruzada.

As câmaras e, bem assim, as chaminés, foram mudando de local em função dos desempenhos pretendidos em termos técnicos ou artísticos.

De referir as diferenças de construção de fornos entre Continentes, nomeando o Oriente, com fornos que, aproveitando o declive duma encosta de montanha, se podiam agregar numa sucessão de câmaras que comunicavam entre si por orifícios.

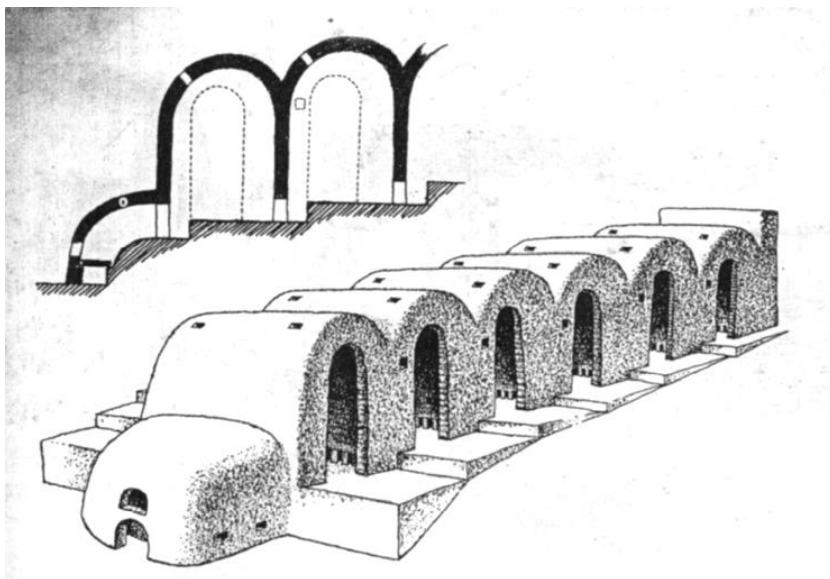


Figura 11 Forno japonês de câmaras pendentes. (imagem retirada do livro: Hornos para Ceramistas de Daniel Rhodes).

A evolução estrutural e tecnológica dos fornos, prendeu-se também com a temperatura exigida para atingir a cozedura das diversas pastas cerâmicas, os +- 1.300°C exigidos para a porcelana chinesa difere bem da menor temperatura alcançada na faiança europeia. Os combustíveis, foram-se adaptando à evolução dos tempos e das ciências, passando da madeira para carvão e mais tarde para o petróleo, gás e electricidade, ao mesmo tempo que se foram apurando os refractários, os calafetamentos e as estruturas de envolvimento exterior dos fornos, procedendo a uma maior retenção de calor no seu interior.



Figura 12 Forno a lenha com chaminé.

Na contemporaneidade, a introdução do gás propano e da electricidade deram um novo incremento à tecnologia da cerâmica, alterando a construção e funcionamento dos fornos. Foram reduzidos na dimensão, no volume do material empregue na sua construção e quase extintas as chaminés de evacuação de gases. No caso dos fornos eléctricos, foi mesmo dispensado o espaço reservado ao acolhimento de uma chaminé, dando origem a um orifício normalmente colocado no tecto do forno que pode ser aberto ou fechado consoante a necessidade do momento.



Figura 13 Forno de combustão a gás.

Os fornos são hoje eficazmente controlados digitalmente, com um aparelho que normalmente está acoplado à sua estrutura externa, permitindo controlar separadamente as fornadas e o registo das ocorrências dos patamares de temperatura, injeção de caudal de gás ou controle da energia eléctrica com o objectivo de dotar a cerâmica de uma maior perfeição.

Os fornos eléctricos são alimentados por corrente trifásica ou monofásica, diferindo apenas na potência, alcançando-se maior temperatura com a corrente trifásica. O forno eléctrico foi a invenção mais recente, aparece nos anos 20 de século XX, com poucas unidades em uso, devido principalmente a alguma dificuldade de penetração de rede eléctrica para os locais pretendidos. Antes desta data, existem relatos da aparição de fornos eléctricos como descreve o livro: **Electric Kiln Ceramics - A guide to clays and glazes**, pág. 269 de, Richard

Zakin *“In 1907 French ceramist Louis Franchet wrote an article for the magazine Ceramic Studio in which he documented his very early experiments with the electric kiln. He used platinum wire heating elements. His kiln did not include any way to control heat rise and therefore was not practical, but it did serve to furnish proof of concept.”*

Também a escassa fabricação e penetração destes fornos no mercado, ficou a dever-se aos ainda deficientes materiais refractários empregues em fornos desta natureza, com tijolos e demais materiais de isolamento muito densos, fazendo com que estes equipamentos fossem pesados o suficiente para dissuadir grande parte dos interessados na sua aquisição.



Figura 14 Forno eléctrico, L&L EL2424-H.

Na década de 30 uma tecnologia mais eficaz começou a ser aplicada nas estruturas dos fornos, acompanhada por uma maior distribuição da rede eléctrica e nos anos de 1940, finalmente, os fornos eléctricos começaram a ser integrados em estabelecimentos de ensino, em

pequenas olarias, em laboratórios e a estarem operacionais em fábricas de cerâmica.

Os fornos eléctricos são mais facilmente transportáveis, embora estacionem definitivamente em locais pretendidos, escolas, ateliers, fábricas, etc. No nosso país, os fornos eléctricos, tiveram também alguma dificuldade de penetração pelos motivos já referidos, notando-se uma utilização mais tardia do que o referido período. O mercado especializado oferece hoje uma gama bastante vasta de fornos e muflas eléctricas ou de combustão a gás para cerâmica, com variadas dimensões e utilizações diversas, desde laboratórios (fornos eléctricos), até a fornos de vagão para a indústria cerâmica. Os materiais usados na construção destes fornos, são essencialmente o aço na sua estrutura exterior e no seu interior materiais refractários que diferem de característica em função da temperatura a alcançar.



Figura 15 Forno industrial de vagão, combustão a gás.

Finalmente, enquanto os fornos eléctricos são armados com resistências no interior das paredes e, por vezes, também na base, os fornos de combustão a gás, apresentam o seu interior despido de

qualquer utensílio, dado que a única função é a retenção calor, contrariamente aos fornos eléctricos que para além da retenção, alimentam-se por calor interno. No tocante aos fornos a gás, existem janelas para receber os queimadores, normalmente situando-se na base do forno ou nas paredes laterais. Na história recente dos fornos, a sua fonte energética e respectiva economia, acompanham uma evolução surpreendente: na actualidade a energia eléctrica é mais económica do que a alimentação a gás, mas nem sempre foi assim, como é referido no livro: **Manual Prático de Introdução à Cerâmica** de, Arlindo Fagundes, 1997, página 290 "*Os fornos a gás, geralmente alimentados a propano, são em termos de custos de energia muito mais convidativos que os seus congéneres eléctricos...*" ou o parecer de Daniel Rhodes, no livro: **Hornos para Ceramistas**, 1987, páginas 196, 197, "*Cozer com electricidade custa actualmente cerca do dobro do que cozer com gás ou petróleo*". Os tempos foram de tal ordem mudando que, os nossos dias retratam realidade inversa.

Para além dos fornos standardizados ou industriais, existem outros que na actualidade são utilizados para fins experimentais ou lúdicos obtendo-se decorações que um forno standardizado dificilmente consegue e que em alguns casos, devido a algumas matérias utilizadas, os poderão deteriorar. Estes fornos são de construção pouco rigorosa e por vezes efémeros. Destaco abaixo uma lista de alguns exemplos significativos tanto nos materiais usados, nas suas estruturas e na sua combustão:

Forno para Raku - são de desgaste rápido, construídos maioritariamente aproveitando bidons metálicos envolvidos internamente com manta refratária, com combustão a gás. Estes fornos podem ser de enforna e desenforna superior (ver figura 3), ou inferior. Esta particularidade entronca na facilidade de manuseamento da cerâmica na acomodação no interior do forno, dependendo sempre da

volumetria das peças a cozer e, bem assim, das ferramentas que o ceramista tem ao seu alcance para a enforna e desenforna.



Figura 16 Forno para Raku com a enforna a ser feita inferiormente.

Forno de papel – de combustão a lenha, estes fornos são os mais efêmeros, porque as paredes são consumidas durante o processo de queima. A sua construção é iniciada com a colocação de uma pequena pilha de madeira sobre a qual se depositam as peças de cerâmica. De seguida é montada uma estrutura piramidal com ripas de madeira e, posteriormente, coberta com uma rede de galinheiro metálica, ficando no vértice do cone uma abertura para evacuação dos gases e fumos. Finalmente, todo o aparato é envolvido com papel embebido em barro líquido (barbotina). A fornada termina após queimar toda a matéria orgânica endurecendo também a fina camada de barbotina envolvente, sendo necessário quebra-la para chegar às peças de cerâmica.



Figura 17 Forno de papel (enforna e montagem).



Figura 18 Forno de papel preparado para a cozedura.

Forno para decoração com fumos - a configuração é semelhante à usada no forno de Raku, sendo a combustão feita com a queima de papel ou serradura, sem necessitar de isolamento térmico. Na base do forno, são feitos alguns furos com diâmetro de três ou quatro centímetros ao redor da base, para que através deles se possa fazer a ignição e dar início à queima, estes orifícios, servem também para entrada de oxigénio, permitindo que o fogo não se apague. A boca do bidon deve ser tapada, mas não na sua totalidade, para que a evacuação de gases se processe sem apagar o fogo. A queima da matéria orgânica no interior do forno, vai produzir o fumo necessário para se entranhar nas paredes da peça cerâmica, decorando-a com tons escuros.



Figura 19 Bidon para decoração com fumos, furado em baixo e aberto em cima.



Figura 20 Forno em actividade.

Pit-Firing - forno composto por uma cova aberta no chão, com o vazio adequado à quantidade de cerâmica a cozer, pode também ser construído acima do solo, elevando paredes com tijolo refractário. As peças de cerâmica e os materiais lenhosos vão sendo colocados em camadas sucessivas, iniciando com uma camada de lenha na base e terminando com cobertura de madeira no topo, servindo de tampa. Requerendo uma vigilância constante, este forno tem um processo de queima moroso para consumir toda a matéria orgânica, transformando-a em brasas e finalmente em cinzas, necessitando de imenso tempo para arrefecimento e retirada das peças cerâmicas.



Figura 21 Forno com paredes elevadas do chão.



Figura 22 Forno em actividade.

Saggar ou caixas de enforna – são recipientes refractários para acomodar e proteger peças de cerâmica do fogo directo da combustão a lenha. No início da sua utilização eram exclusivamente fabricadas com argila, na actualidade, estas caixas são de material refratário dotando-as de uma longevidade e capacidade de reter e homogeneizar calor no seu interior. Actualmente, para além da protecção da cerâmica, o Saggar, é utilizado por alguns ceramistas para fazer reduções localizadas numa só peça cerâmica ou para produzir efeitos decorativos com óxidos ou sais na sua superfície.



Figura 23 Caixas refratárias.



Figura 24 Caixa com cerâmica dentro.

Serve para reflexão estes últimos exemplos de fornos para cerâmica. São referências para se perceber que é possível construir artefactos ao sabor do que se pretende para os objectos que se querem cozer: servem sobretudo como experiências práticas, cuja regularidade de resultados seria difícil de obter em sucessivas cozeduras, satisfazendo sobretudo a curiosidade, a inventividade e a estética alternativa à encontrada na industrialização da cerâmica onde a repetição gera sempre um produto similar.

DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO E DO PROTÓTIPO DO FORNO

Depois de uma profunda investigação sobre os fornos que existem no mercado, acrescido do estudo sobre o seu passado histórico e a evolução nas técnicas de cozedura da cerâmica, nos combustíveis, nos recetáculos, nos materiais empregues na sua construção, na diversidade das pastas cerâmicas, etc., criaram-se condições para iniciar trabalho de concepção no estirador, de um forno alternativo, modulável, versátil e móvel.

Nesta fase, o estudo e os desenhos do forno, quase se circunscreviam a paredes, base e tampa, justapostos e articulados por dobradiças. As paredes, a base e a tampa construídas em ferro e protegidas no interior por manta em fibra refractária, apresentavam um desafio imenso para a sua ligação, através de dobradiças e fechos que não existiam no mercado com as condições exigidas de mobilidade mecânica e resistência à deformação pelo calor. As elevadas temperaturas a que seriam sujeitas as peças soldadas, rebitadas ou aparafusadas de articulação e fixação das partes, deformariam as paredes e simultaneamente os fiéis das dobradiças, criando enormes dificuldades na posterior desmontagem e nas acções de repetição das fornadas.

Este trabalho de ajustamento das partes por dobradiças e fechos, ocupou grande parte do tempo de investigação, quase sempre com maus resultados práticos, acrescido também pela eventual deficiência na eficácia dos ajustes entre as paredes.

Paralelamente ao estudo técnico de ajustamento das paredes, da fixação à base e do ajuste da tampa, começou a evidenciar-se o objectivo do projecto: produzir um forno modular, onde a volumetria se alterava em função da superfície da base e da altura das paredes, a fim de envolver a peça de cerâmica de modo mais ajustável.

Este processo, serviria para poder modelar um prato com qualquer diâmetro e cozê-lo com pouca altura de forno ou, por outro lado, modelar uma peça alta e o forno poder crescer na vertical. Este propósito, tinha em conta também uma economia de combustível em função da volumetria interna do habitáculo. No fundo, estava subjacente uma harmonia volumétrica entre a peça e o forno

Na constituição modular deste forno ajustável, foram adotadas duas geometrias de base para o desenvolvimento deste trabalho, a quadrangular e a pentagonal, as quais serviram de directrizes para o acoplamento das paredes verticais.

Foi efetuada uma investigação experimental em torno duma articulação por dobradiças para junção das diversas partes do forno. No entanto os resultados não foram satisfatórios, pelo que se partiu para nova reflexão, agora pensando em aglutinar as partes através de encaixes e abandonando as fixações com peças acopladas. Esta alternativa, exigia materiais mais resistentes nas paredes, tendo-se dado primazia ao aço inoxidável com 2mm de espessura nas paredes e 3mm na base e tampa. Com as paredes libertas de fechos e dobradiças e também de articulações, o armazenamento e transporte do forno tornava-se assim



Figura 25 Maquete construída em cartão.

deveras facilitado, permitindo empilhar as chapas metálicas, pelo que seria uma vantagem a considerar.

Após realizar algumas maquetas e também protótipos em tamanho real, percebeu-se que estas duas formas seriam as ideais para continuação do estudo. O quadrado seguia os trâmites convencionais enquanto o pentágono permitiria obter uma capacidade interior considerável em alargamento, um ajustamento de cariz circundante à peça a cozer, permanecendo num equilíbrio de volumetria interna/externa, sem aumentar consideravelmente o peso final.

A sustentabilidade na construção do forno a partir das maquetas, a sua fácil desarticulação, armazenamento e a expectativa na criação de itinerâncias com acomodação a qualquer tipo de "paisagem" (interior ou exterior), faziam promissor este novo caminho.

Seguiram-se então prospecções no mercado de serralharia e quinagem de chapa metálica, sendo apurada a Empresa Ramofabril, situada na Ramada, Concelho de Odivelas, a quem foram entregues planos desenhados em tamanho natural e apresentação de maquetas à escala 1/20.

Seguiram-se as experiências para colagem dos três materiais refractários à chapa de aço inox e também as sobreposições dos respetivos materiais refratários entre eles, com cimento cola refractária 1650°C BNZ BLACKBOND, da Empresa "Loja do Mestre Braz":

Experiência 1: Colagem de uma placa rígida em fibra com 10 mm de espessura a uma chapa de aço inox (foi utilizada esta espessura por ser a existente no momento, os resultados finais não diferem se as espessuras forem diferentes). O resultado foi muito satisfatório, fixou bem e com a pressão manual, tanto a puxar na vertical como pressionando lateralmente, a placa rígida em fibra não descolou.

Experiência 2: Colagem de um pedaço de tijolo refractário à chapa de aço inox. O resultado foi satisfatório, ao puxar o tijolo refractário na vertical sentiu-se a prisão, mas nesta acção, percebeu-se que se o esforço fosse continuado e com maior pressão, o tijolo soltar-se-ia. Como a estabilidade do tijolo na base do forno, seria sempre de pressão sobre ele e a força vertical nunca aconteceria, concluiu-se por bom resultado a fixação executada.

Experiência 3: Colagem da manta em fibra à chapa de aço inox. Neste caso, os resultados não foram totalmente satisfatórios. Observou-se que por ser um material em fio agregado por encosto, a manta pode desagregar-se com facilidade. Após a colagem a manta ficou agregada à chapa de aço apenas na superfície de encosto, mas ao puxar no sentido vertical, constatou-se que se soltava por fatias, deixando fortemente agarrada à chapa de aço o cimento e, bem assim, as fibras superficialmente coladas. A retirada dos resíduos do cimento e fibra da chapa de aço inox só foi possível com a acção de rebarbadora com disco de lamelas de lixa.

Experiência 4: Colagem de um pedaço de tijolo refractário à placa rígida com 10mm de espessura, anteriormente executada na primeira experiência. O resultado foi muito satisfatório, as tentativas de elevar o tijolo ou pressionar lateralmente foram infrutíferas, o tijolo manteve-se agarrado à placa rígida e esta ao aço inox. No entanto, pode concluir-se que por pressões sucessivas, tal como na segunda experiência o tijolo poderia soltar-se.

Experiência 5: Colagem de um pedaço de tijolo refractário sobre a manta em fibra. Os resultados não foram satisfatórios porque o tijolo apesar de colar muito

bem à manta, solta-se quando elevado trazendo verticalmente agregada apenas a camada superficial da fibra, tal como se tinha soltado a fibra da chapa de aço inox na terceira experiência. Esta colagem de manta em fibra ao aço inox com sobreposição de tijolo foi afastada definitivamente da execução do forno. Estas experiências foram fundamentais para entender a colocação dos materiais refractários nos diversos componentes do forno.

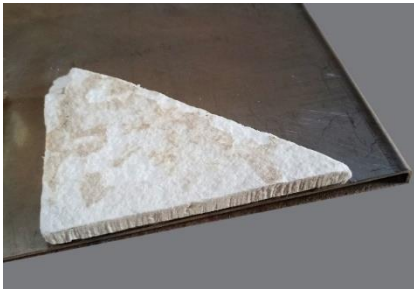


Figura 26 Colagem da placa rígida em fibra na chapa de aço.



Figura 27 Colagem de tijolo refractário na chapa de aço.



Figura 28 Colagem da manta em fibra na chapa de aço.



Figura 29 Colagem da placa rígida sobreposta com tijolo colados à chapa de aço.



Figura 30 Colagem de tijolo em cima da manta refratária.

Finalizadas as experiências e respectivas observações, iniciou-se um estudo com o objectivo de encontrar a melhor solução para o isolamento térmico da base, paredes e tampa do forno modulável para cerâmica, no sentido de se obter a melhor performance térmica possível. Decidiu-se dotar a base com dois componentes de isolamento (experiência 4), as paredes com um só componente (experiência 1), e a tampa também com um só componente (experiência 3).

Para a utilização dos queimadores, foram executadas três aberturas com um diâmetro de 78mm numa das paredes de cada um dos anéis (ver figura 72). Estas aberturas têm um diâmetro superior ao queimador para que o oxigénio possa circular, permitindo assim, que a chama não seja interrompida. Devido às inúmeras hipóteses de capacidades interiores que o forno oferece para cozer cerâmica, por vezes, os dois anéis ficam separados, pelo que seria necessário prover em cada um deles uma abertura para se acoplar um queimador.

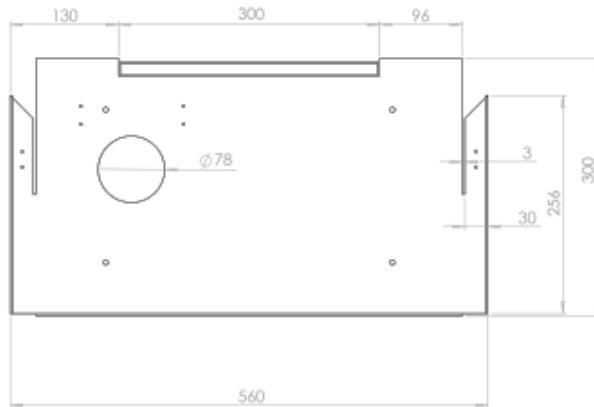


Figura 31 Desenho técnico da parede 500X300mm, com orifício para o queimador.

Sempre que os dois anéis se encontram acoplados e não seja necessário o segundo queimador, essa abertura, que está sempre situada no anel de cima, será fechada por uma tampa construída exclusivamente para este projecto totalmente em material refratário. Foram construídas três tampas porque no final de cada cozedura será necessário fechar todos os orifícios para que a retenção de calor no interior do forno, se faça na perfeição, evitando descidas de temperaturas bruscas que podem ser prejudiciais à cerâmica que se encontra no interior do forno.



Figura 32 Tampas refratárias para fecho das aberturas dos queimadores.

BASE DO FORNO

A base do forno pretende ser o suporte robusto, estável, isolante e móvel de todo o aparato a construir. A forma pentagonal da base será um pouco mais larga que o perímetro das paredes para que estas se insiram folgadamente no seu interior, deixando espaço livre ao seu redor para facilitar a montagem e dar folga exterior para a colocação de eventuais sistemas para aperto final da tampa, se assim for o desejado, no decorrer da construção do forno

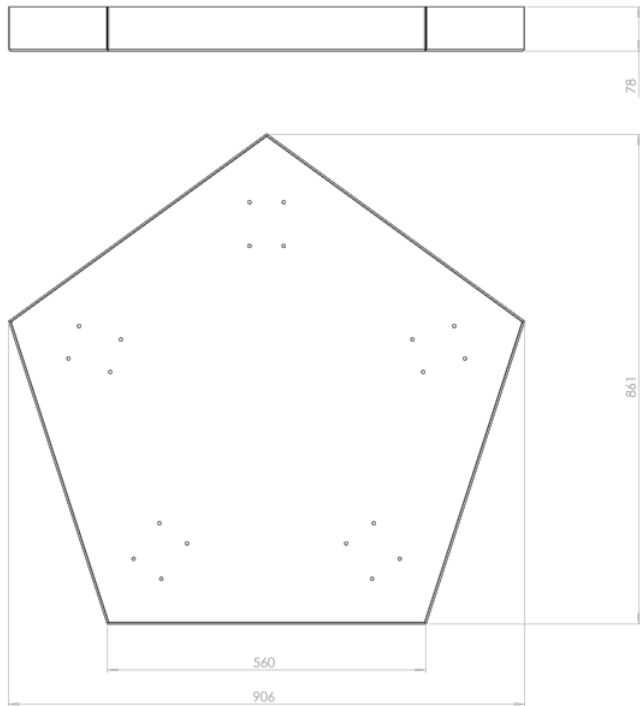


Figura 33 Desenho da base sem revestimento refratário à escala de 1/10.

A vontade de proporcionar uma arrumação prática e ágil na sua mobilidade, obrigou à colocação de cinco rodas giratórias com a sustentabilidade de carga individual de 300Kg aparafusadas à chapa de aço inox. Optou-se pela fixação das rodas por aparafusamento, na previsão de que a soldadura poderia deformar a superfície da chapa de aço.

Seguiu-se a ponderação para o isolamento térmico do lastro do forno. A base obrigaria a uma matéria isolante estável e resistente para suportar o encosto vertical das paredes pesadas.

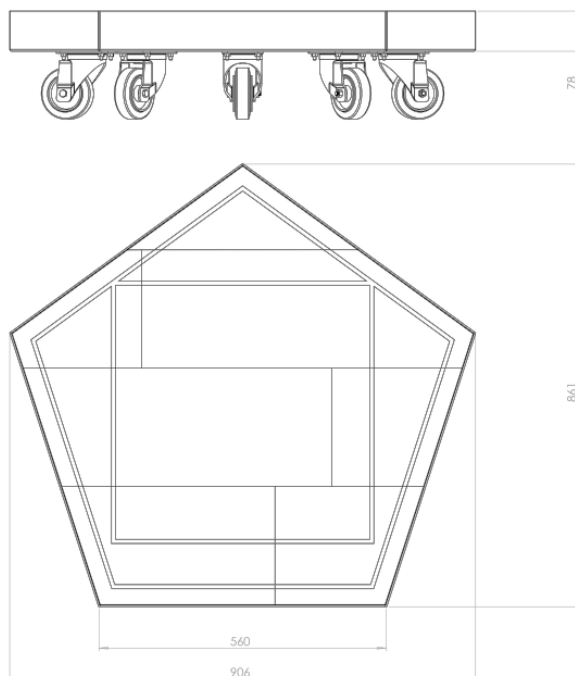


Figura 34 Desenho técnico da base com as rodas acopladas, escala 1/10.

Os materiais de isolamento apontados acima, tendo em conta as experiências já efectuadas, aconselhavam a utilização de dois componentes, conforme a **experiência 4** (figura 29), para obter a maior retenção possível de calor e tentar eliminar possíveis contracções ou dilatações inerentes aos choques térmicos. Todas as colagens no forno foram efectuadas com cimento cola refractária 1650°C BNZ BLACKBOND. Foi colada directamente à chapa de aço inox da base, uma placa rígida em fibra, com 10mm de espessura e, aplicado sobre ela, um pavimento em tijolo refractário com 50mm de espessura igualmente colado à placa de fibra. Esta solução, isolará certamente o calor da placa de fibra rígida pelos tijolos refractários e acabará por eliminar temperaturas ainda elevadas sobre a base metálica do forno.

O peso destes dois materiais foi inicialmente levado também em conta, dado que uma das valências do forno, seria a sua deslocação e transporte por veículo automóvel. A preocupação do peso excessivo de cada uma das partes podia constituir um entrave sério aos princípios desejados para este projecto. Se a deslocação a curta distância estava assegurada pela eficácia das rodas direccionáveis fixas na base, a deslocação a longa distância não podia obrigar ao auxílio de maquinaria sofisticada, para elevar uma qualquer parte do forno à altura da carroçaria de um automóvel.



Figura 35 Base do forno transportada em veículo ligeiro.

Na análise sobre as três matérias refratárias, constatamos que a manta em fibra é a mais leve, seguindo-se por ordem, a placa em fibra rígida e por fim o tijolo refractário. Na dureza dos materiais o caminho inverte-se, primeiro o tijolo, de seguida a placa de fibra rígida e por fim a manta de fibra. A maior maleabilidade está com a manta, pouca oscilação com a placa de fibra rígida e imobilismo total por parte do tijolo refractário.



Figura 36 Corte da placa rígida em fibra.

Após a colagem do material refractário, foram efectuados sulcos na superfície do tijolo com 6mm de largura e 15mm de profundidade, com os desenhos dos dois perímetros, quadrado e pentágono, onde futuramente as paredes encaixarão para montagem do forno. Os cortes foram executados com uma tupa para se obter um trabalho perfeito na abertura dos sulcos, evitando a deterioração do material refractário, executado com qualquer outra ferramenta manual. Os sulcos inscritos na base estão previstos para receber apenas o anel das paredes com 500X500mm porque estas cinco paredes terminam com a chapa de aço em faca num dos comprimentos. Nesta situação, o anel é invertido, ficando o lado em faca virado para a base (quer em quadrado ou

pentágono), sempre que se executam as fornadas com apenas este anel em altura. Para a tampa descansar em cima das paredes, é necessário encontrar a superfície plana, que se encontra apenas na extremidade oposta à terminação em faca. O anel de 500x300mm não tem esta configuração, foi construído num dos comprimentos com uma quinagem de 90° fazendo uma aba com 30mm e no lado oposto, termina a parede metálica em simultâneo com a placa interna de fibra rígida, ficando com uma espessura de parede com 50mm, dando-lhe uma excelente superfície para receber a tampa isolando perfeitamente o conjunto tampa/paredes.

PAREDES DO FORNO

As paredes do forno, foram também executadas em aço inox com 2mm de espessura, prosseguindo com o mesmo material da base. As paredes são constituídas por 10 chapas soltas, sendo cinco com as medidas de 500mm de largura, por 500mm de altura e outras cinco, com as medidas de 500mm de largura, por 300mm de altura. Sendo estas medidas correspondentes à volumetria real do interior do forno (sem isolamento refratário), acrescentando-se 30mm para cada lado das paredes, correspondente às abas que fazem a ligação e justaposição entre elas. Cada grupo de cinco paredes ligadas entre si, corresponde a um anel, com a forma de um pentágono na base, ou com apenas quatro chapas correspondentes a um quadrado perfeito. Esses anéis poderão ser acoplados na vertical, constituindo andares sobrepostos, aumentando o volume do forno na vertical, quer na versão quadrangular ou pentagonal.

Foram executadas quinagens em ângulo recto com 10mm de largura na vertical das abas para resistência às possíveis deformações. Na cabeça e no pé das paredes, construíram-se encaixes para sobreposição e encosto da tampa e da base. A partir desses desenhos,

foi feita maquete de ensaio (figura 25), e, posteriormente, elevada ao tamanho real, para continuar ensaios de montagem desmontagem e avaliação volumétrica.

Ao longo desses ensaios foram executadas alterações aos desenhos iniciais, corrigindo nos ângulos das quinagens, nas larguras e cortes das abas, etc. Foram consideradas em cada uma das dez chapas o acrescento de duas abas laterais, com 30mm na largura, inserindo fendas opostas com 3mm de largura até meia altura da parede, para possível encaixe da parede lateral seguinte. Embora a espessura das chapas fosse de 2mm a fenda teve que ser executada com 3mm de largura para que, aquando do formato de pentágono, o ângulo formado pela intersecção das chapas aumentasse de 90° para 130° aproximadamente, obrigando ao alargamento da fenda.

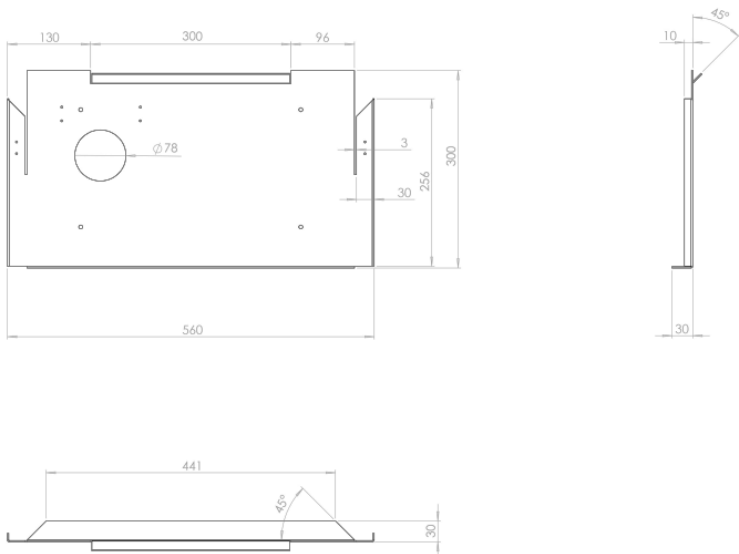


Figura 37 Desenho técnico da parede 500X300mm sem revestimento refratário, escala 1/10.

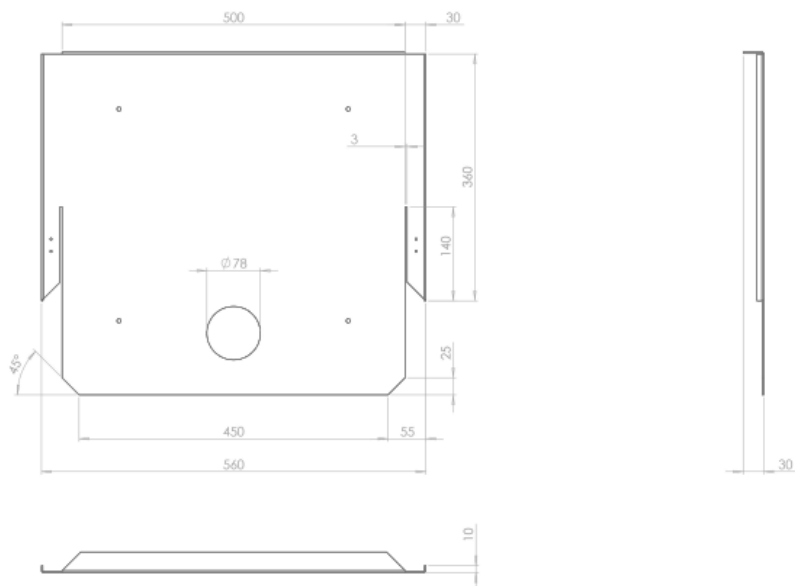


Figura 38 Desenho técnico da parede de 500X500mm sem revestimento refratário, escala 1/10.

Para montar o forno no formato quadrangular, as quatro paredes apresentam: duas com as fendas viradas para baixo e as outras duas viradas para cima. No formato pentagonal é necessário acoplar uma quinta parede, que interposta nas quatro anteriores apresenta uma anomalia: a parede tem do lado esquerdo a fenda virada para cima e do lado direito a fenda virada para baixo. Sem este pormenor, não seria possível o encaixe perfeito das cinco paredes.

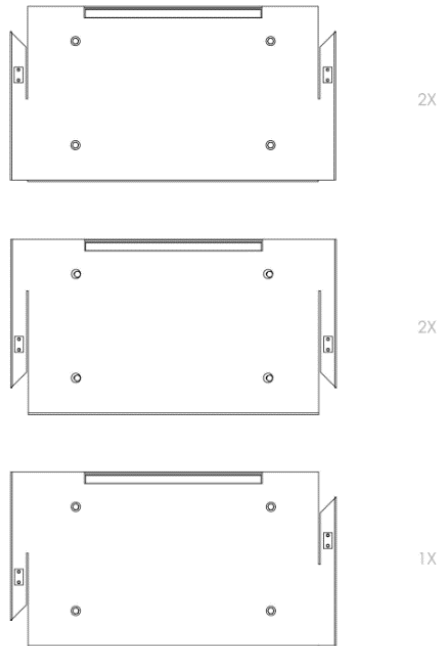


Figura 39 Desenhos dos três formatos das abas laterais que constituem os anéis.

Os lados superiores das paredes com 300mm de altura, foram quinados com uma aba de 30mm, com um ângulo de 90° para o interior, onde repousa a tampa. Os lados inferiores, apresentam no terço central da sua extensão, uma dobragem para o exterior com um ângulo de 45° . Estas dobragens têm uma banda de 20mm, que quando sobrepostas sobre as paredes inferiores, estrangula-as e imobiliza toda a vertical do forno.

Os lados inferiores das paredes com 500mm de altura, foram quinados com uma aba de 30mm, em ângulo recto, virada para o interior do forno, servindo para repouso estável na base de tijolo. As bandas laterais para encaixe e segurança, sofreram também alteração, suprimindo 70mm na sua extensão e efectuando corte em ângulo de 45° para o interior da fenda para que na montagem das paredes, a manobra de sobreposição se encaminhe deslizando facilmente para a correcta posição em todas as paredes.



Figura 40 Forno montado sem isolamento térmico.

Todas as medidas acima apontadas para construir as bandas laterais e as quinagens de descanso na base do forno e na tampa, acrescem às medidas inicialmente apontadas para as dimensões das paredes.

Após a conclusão do trabalho de serralharia e efectuados inúmeros ensaios, deu-se início ao isolamento interno das paredes, fixando placas rígidas em fibra, com 50mm de espessura. Essa operação consistiu na colagem das placas com cola refratária 1650°C BNZ BLACKBOND, às paredes metálicas e, de seguida, apertadas com anilhas e pernos cerâmicos para reforçar a fixação resistindo melhor a possíveis embates e melhor estabilização a altas temperaturas.



Figura 41 Pormenor do corte e colagem da placa em fibra na chapa.



Figura 42 Anilha e perno cerâmico, desmontado e montado.

As placas rígidas em fibra foram fixas na superfície interna das paredes do forno (ou seja, da fenda para encaixe de 3mm, para o interior, deixando a aba externa de 30mm completamente livre de material refractário). O lateral das placas de fibra, no exacto local de confluência com a parede seguinte, foi cortado em ângulo de 45° para proceder ao correcto isolamento das fendas verticais e permitir fazer o ângulo de 90° quando o forno tem o formato quadrangular. Quando o formato do forno tem a forma pentagonal, o ângulo de abertura das paredes abre-se, apresentando um vazio triangular entre as placas em fibra que obriga ao seu preenchimento com uma cunha vertical móvel, do mesmo material refractário.

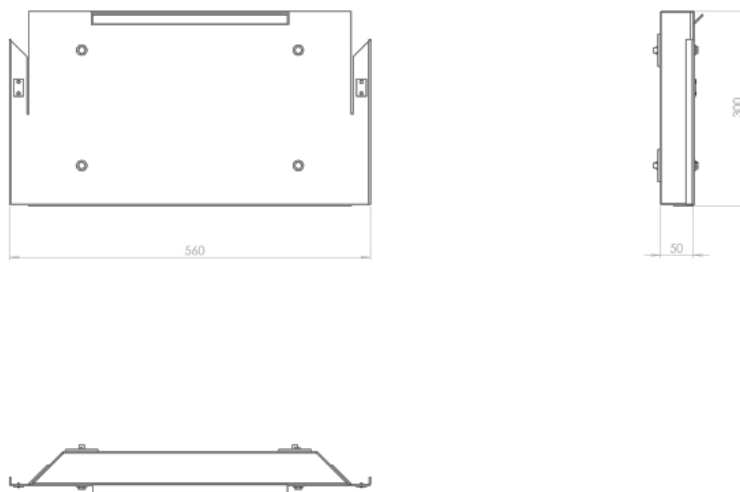


Figura 43 Desenho técnico da parede de 500x300mm com revestimento refratário, escala 1/10.

Após o isolamento do interior das paredes e efectuados ensaios finais de montagem, procedeu-se à sua identificação através de letras, para que a sequência dos encaixes nas montagens se efectue sem hesitações. Este registo foi executado em chapas de alumínio, recorrendo a punções de pancada com identificação por letras e aplicadas com rebites nas abas externas das paredes.



Figura 44 Chapa de identificação para encaixe das paredes.

TAMPA DO FORNO

A tampa foi o elemento do forno que mais atenção suscitou ao nível da sua concepção, também porque é a esta peça que pertence o encerramento do ciclo de montagem de todas as partes que constituem o forno modulável para cerâmica, independentemente da sua volumetria, quer seja em altura ou no perímetro pretendido. A enfora ou desenfora, maioritariamente, efectua-se por cima (sem a tampa acoplada), isto é, quando todas as paredes estão acopladas em anel, tanto em forma quadrangular ou pentagonal. Este forno permite também a enfora ou desenfora pelo lateral (com uma parede ausente).

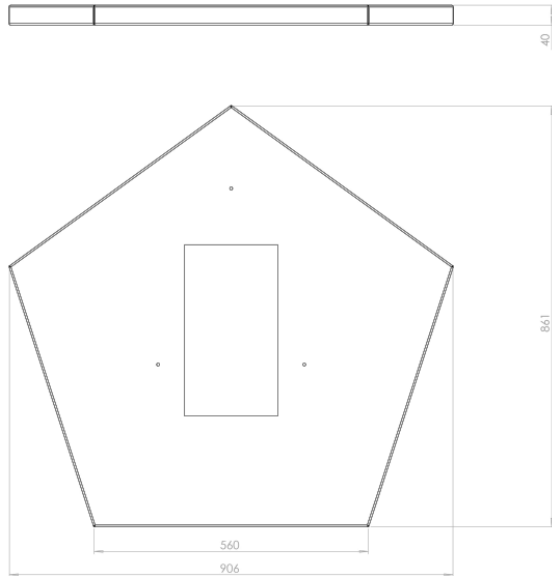


Figura 45 Desenho técnico da tampa sem revestimento refratário, escala 1/10.

Depois da colocação das peças no forno, podemos encerrar todo o ciclo de montagem, colocando a tampa para iniciar a cozedura.

Existe neste forno, uma abertura na tampa (ver figura 66), que funciona como chaminé e, simultaneamente, ponto de observação das ocorrências no seu interior durante a cozedura. Este orifício, também designado por "registo", nome dado precisamente por se poder registar através dele as referidas etapas das cozeduras, incorpora um dispositivo amovível que tem a capacidade de abrir ou fechar gradualmente o fluxo de evacuação de gases, conforme as necessidades do momento.

Numa das paredes, junto à base do forno, existe um orifício circular com 80 mm de diâmetro onde é introduzido o queimador que pode elevar a temperaturas de 1300°C aproximadamente, permitindo em simultâneo, a entrada do oxigénio necessário à combustão. Esse fluxo de oxigénio é controlado pela gradual abertura ou fecho da chaminé da tampa, o referido "registo", equilibrando a saída e entrada de oxigénio no forno.

Da mesma forma que a base e as paredes, a tampa também tem que obedecer a um eficaz isolamento térmico e fecho hermético do forno e, em simultâneo, um bom requisito de segurança dadas as altíssimas temperaturas pretendidas e pressões exercidas no seu interior. A tampa tem, portanto, que ser robusta, sem esquecer o sentido prático e a leveza possível para servir a itinerância, mas suficientemente imobilizadora para prevenir possíveis deslocações indesejáveis. Enquanto na base e paredes do forno, o isolamento convidava à utilização de materiais consistentes e densos para resistirem ao toque ou arrasto, durante as fases de montagem e desmontagem do forno, no caso da tampa inverteu-se o conceito dado que este objecto finaliza a montagem do forno sem ser sujeito a movimentos e acostagens semelhantes às paredes e base. Assim, o material refractário escolhido para isolar a tampa, foi a manta em fibra refratária com 50mm de espessura (**experiência 3**), denominada: Fibra Cerâmica em Manta RCF 1400 128 kgs/m³.

A estrutura da tampa, tem também o formato pentagonal, com a mesma superfície da base (580mm em cada face). Em todo o seu perímetro, existe uma banda dobrada em ângulo recto, em formato de saia, com a altura de 50mm e ainda uma segunda dobra também em ângulo recto para o interior, com 10mm. A manta refratária em fibra foi cortada e aplicada ao tecto com cola refratária, anilhas e pernos cerâmicos, preenchendo também o vazio formado pelos dois ângulos dobrados, ficando a manta refratária suspensa em todo o perímetro do pentágono.

Depois da aplicação da manta refratária em fibra no interior da tampa, foi executado o corte deste material, correspondente à chaminé, deixando mais 10mm de manta em redor do orifício, para proteger o aço das altas temperaturas expelidas do interior do forno, evitando assim uma rápida degradação desse material.

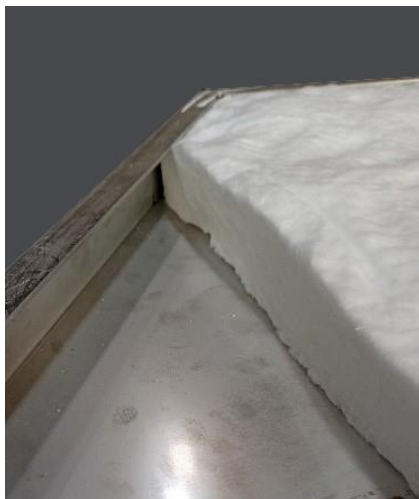


Figura 46 Pormenor do encaixe da manta na saia da tampa.

A chaminé aberta na tampa, está situada no centro do pentágono, com as medidas de: 120x190mm, tendo nos laterais da abertura, uma guia de cada lado, soldadas à distância de 10mm, ambas com 570mm de comprimento e 50mm de altura, no topo das duas guias foi dobrada uma aba em ângulo recto virada para a chaminé, com 10mm de largura.

As duas guias permitem que haja uma corrediça que se desloca através de deslizamento, esta tampa/registo da chaminé, é constituída por uma chapa de aço com 2mm de espessura isolada com uma placa rígida em fibra com 50mm de espessura.

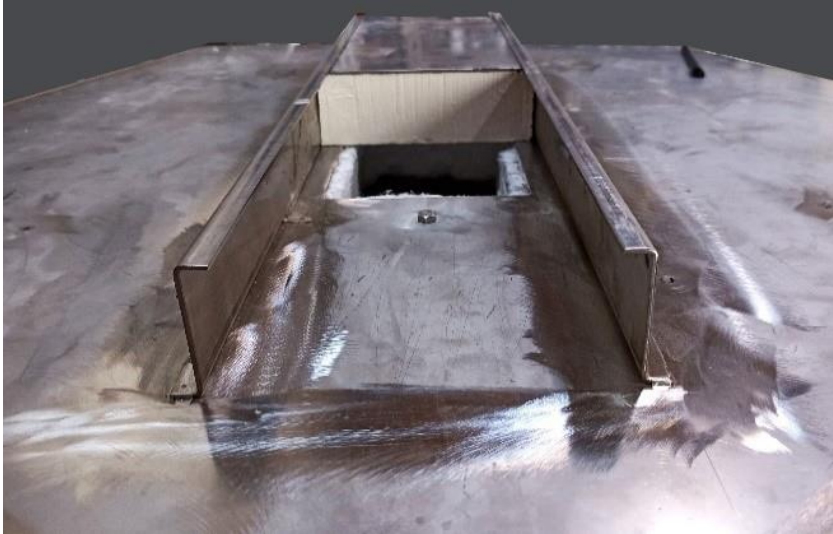


Figura 47 Pormenor do registo dentro das guias.

CAIXA ITINERANTE E SEQUÊNCIA DE MONTAGEM DO FORNO

Para facilitar mobilidade às itinerâncias do forno e tendo em conta os princípios da sua criação, entendeu-se ser necessário acomodar a maior parte dos seus componentes numa única embalagem que lhe proporcionasse ágil deslocação, segurança, protecção e eficaz arrumação em armazenamento. A embalagem a utilizar deveria comportar facilmente a arrumação das diversas peças, conferir uma organização de acomodação interior que permitisse a acomodação das paredes do forno com caixas apropriadas para conter os componentes

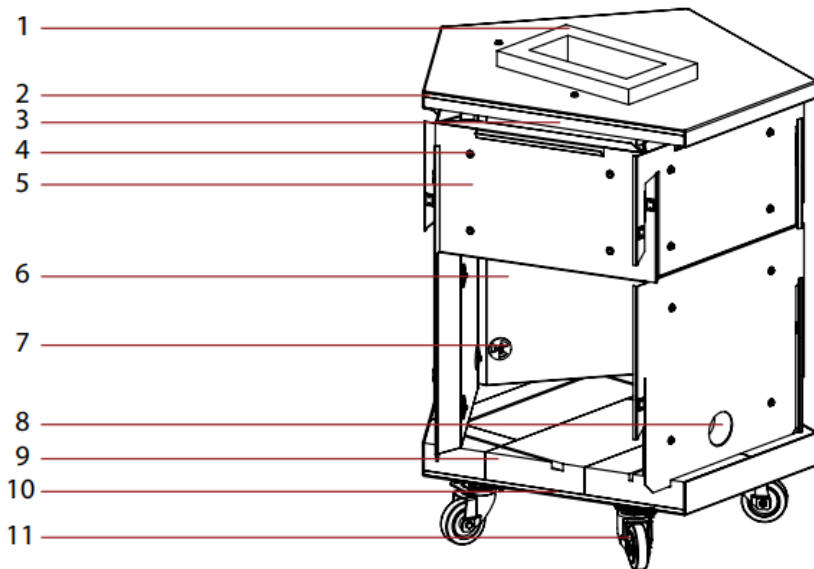
mais frágeis e sobretudo, que permitisse também, uma agilidade repetitiva para as montagens e desmontagens do forno. O conceito de agilidade e armazenamento dessa embalagem, aproximava-se das caixas estandardizadas utilizadas nas itinerâncias teatrais ou musicais, para transporte de cenários, iluminação ou sonoplastia, altamente resistentes e leves.

O futuro poderá abrir caminho ao estudo para dotar os acessórios de uma nova caixa produzida com as medidas mais apropriadas para o efeito sem excluir uma reflexão ao armazenamento e transporte da base e tampa numa segunda caixa.



Figura 48 Caixa com os acessórios no interior.

Diagrama de representação dos materiais e componentes do Forno Flexível para Cerâmica:



1. Tijolo refratário maquinado para a chaminé **2.** Placa rígida em fibra, 10mm de espessura, Ref: Fibra em Placa RCF 1430°C 340kgs/m³ Unifrax Duraboard 140ZK *Home | Unifrax - A Global Specialty Materials Company* **3.** Manta em fibra, 50mm de espessura, Ref: Fibra Biosolúvel em Manta AES 1400°C 128kgs/m³ Unifrax Isofrax 1400 *Home | Unifrax - A Global Specialty Materials Company* **4.** Parafuso e anilha em aço inox com cabeça sextavada **5.** Chapa de aço inox, 2mm de espessura **6.** Placa rígida em fibra, 50mm de espessura **7.** Anilha e perno cerâmico, *Microsoft Word - TABLE OF CONTENT PAGE 1 02-2015 (anchorsforrefractory.com)* **8.** Orifício com 80mm de diâmetro para entrada do queimador **9.** Tijolo refratário maquinado, medidas máximas por unidade: 610x230x62mm, Ref: Tijolo Isolante ligeiro 1430°C BNZ-2660 *PA/R Insulating Fire Brick (bnzmaterials.com)* **10.** Placa rígida em fibra, 10mm de espessura **11.** Rodas giratórias, 5 unidades presas à base.

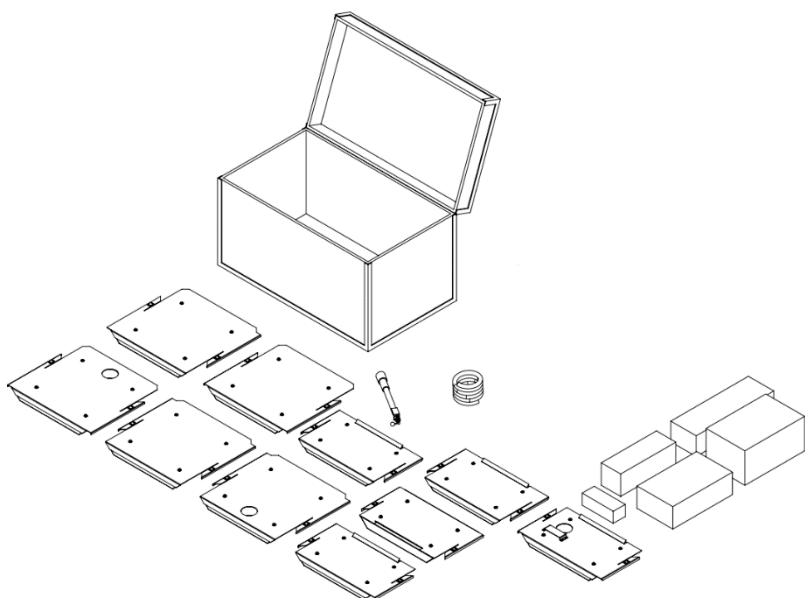
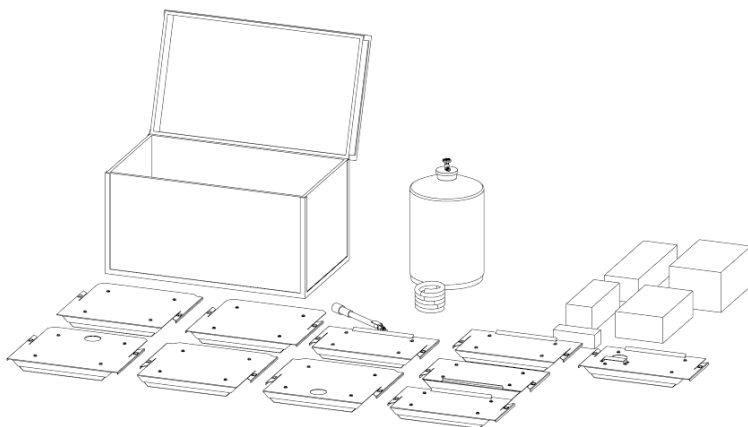


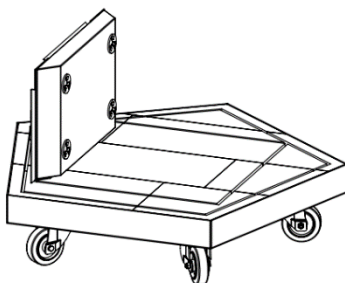
Figura 49 Acessórios a introduzir na caixa itinerante.

Para além das paredes do forno, a caixa itinerante comporta ainda no seu interior cinco caixas construídas para o efeito em contraplacado: uma caixa para as cunhas com 520x170x120mm, uma caixa para o controlador digital com 400x260x200mm, uma caixa para os anéis de Buller com 210x80x70mm, uma caixa para as tapadeiras dos orifícios das paredes com 370x130x130mm e uma caixa para o registo mais a poleia para suporte do queimador com 400x240x130mm.

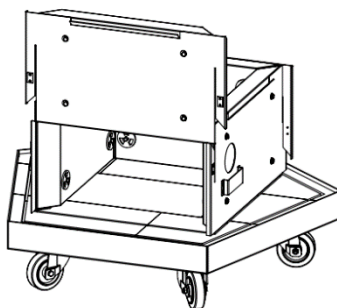
Iniciando a sequência de montagem dos fornos a partir da caixa itinerante com o seu recheio completo, observam-se as diversas possibilidades volumétricas que este método de construção de fornos oferece para cozer cerâmica. As capacidades modulares demonstradas abaixo, através da entrada e saída das paredes finalizando cada recetáculo com a acoplação da tampa do forno, incentivam à livre criação artística da cerâmica, dado que o forno pode crescer no perímetro e na altura ajustando-se à criatividade do momento.



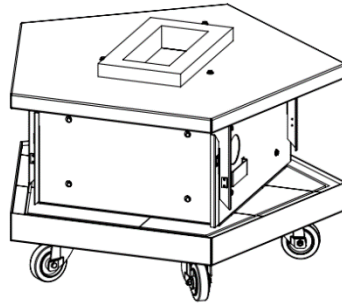
- 5 paredes de 500x500mm
- 5 paredes de 500x300mm
- Queimador
- Tubo de união entre o queimador e botija
- 5 caixas para guardar acessórios



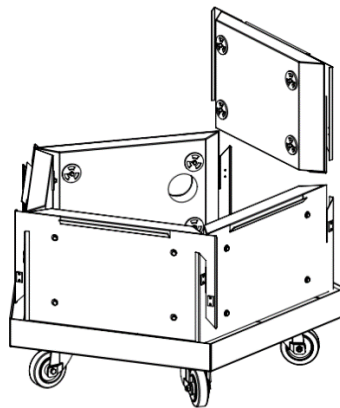
Acoplagem da primeira parede de 500x300mm para montar o anel em formato quadrangular.



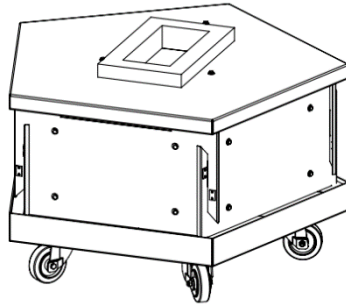
Acoplagem da última parede de 500x300mm do anel quadrangular.



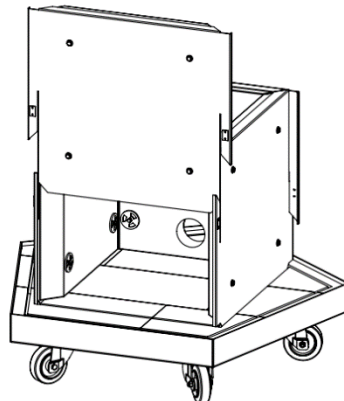
Forno montado em formato quadrangular com o anel das paredes de 500x300mm. 48 litros de capacidade útil.



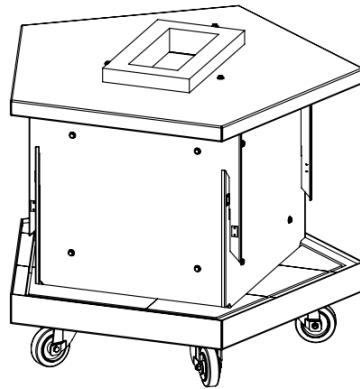
Acoplagem da última parede do anel em formato pentagonal de 500x300mm.



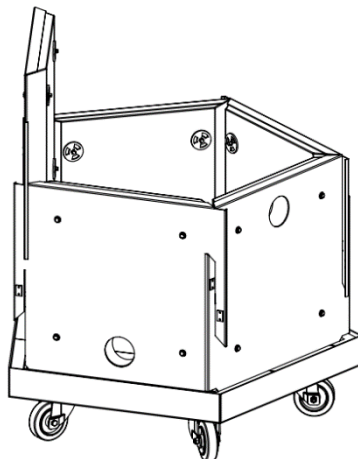
Forno montado em formato pentagonal com o anel das paredes de 500x300mm. 95 litros de capacidade útil.



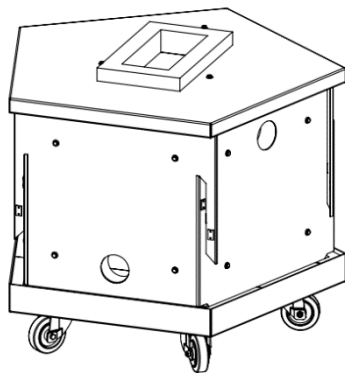
Acoplagem da última parede do anel em formato quadrangular de 500x500mm.



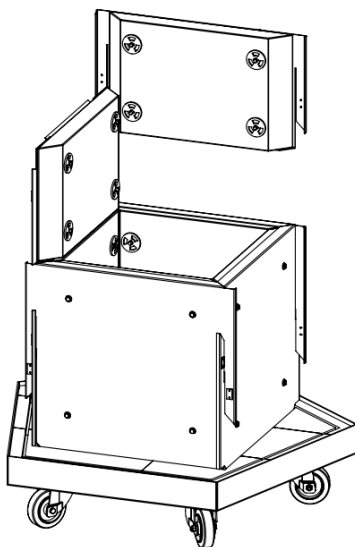
Forno montado em formato quadrangular com o anel das paredes de 500x500mm. 78 litros de capacidade útil.



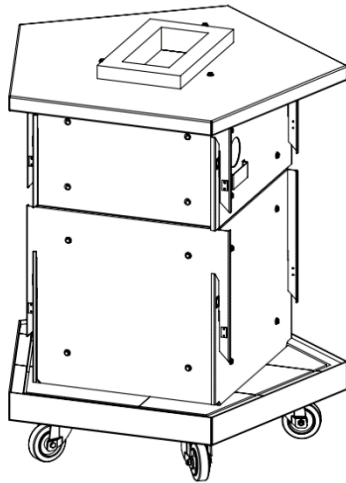
Acoplagem da última parede do anel pentagonal de 500x500mm.



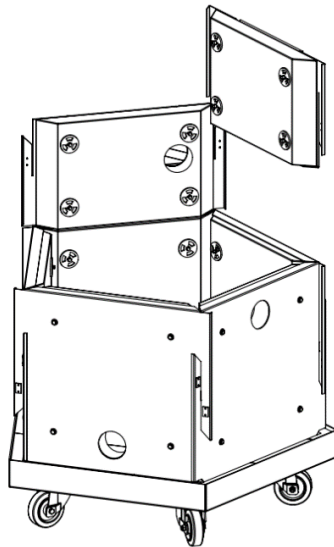
Forno montado em formato pentagonal com o anel das paredes de 500x500. 152 litros de capacidade útil.



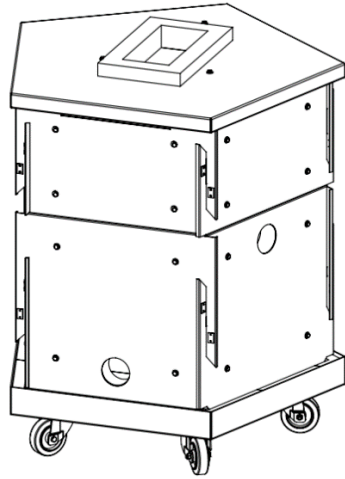
Acoplagem das paredes do segundo anel em formato quadrangular de 500x300mm.



Forno montado em formato quadrangular com os dois anéis acoplados. 126 litros de capacidade útil.



Acoplagem das paredes do segundo anel em formato pentagonal de 500x300mm.



Forno montado em formato pentagonal com os dois anéis acoplados. 247 litros de capacidade útil.

COZEDURAS EXPERIMENTAIS



PRIMEIRA COZEDURA

A primeira cozedura foi executada com as paredes em anel de 500X500mm, montado em forma quadrangular. Serviu para fazer a chacota de três peças cerâmicas, duas de barro vermelho e uma de faiança.

As peças de cerâmica para as seis fornadas experimentais, foram produzidas por efeito de enchimento com barbotina em dois moldes de gesso com duas alturas distintas, garantindo assim uma espessura uniforme bem como a ausência de matérias nefastas e de bolhas de ar nas peças. As duas alturas diferentes das peças, para além de servirem para criarem distintos ambientes em arrumação no interior do forno, têm também como objectivo observar o seu comportamento no que diz respeito às contrações que vão sofrer, na verificação de possíveis deformações, da uniformidade no endurecimento em altura, da coloração adequada em cada peça, etc.

O objectivo da temperatura pretendida, 800°C, foi alcançado, continuando a subida da mesma até próximo dos 1000°C, prescindindo de uma segunda cozedura como teste para alcançar esse patamar.

Na análise do resultado alcançado, deve referir-se também que o forno cúbico foi montado com uma das paredes coincidente com um dos lados do pentágono da base, portanto, o quadrado pretendido do forno ficou descentrado do perímetro da superfície. Esta descentralização, obrigou a que a tampa ficasse também descentrada, mas alinhada com o perímetro da base. Com a elevação da temperatura, a tampa, deformou ligeiramente porque a distribuição de calor não se efectuou homogeneamente na sua superfície.



Figura 50 Pormenor da enforna com uma prateleira.

Esta imprevisibilidade não provocou fuga térmica relevante durante a cozedura, apenas alertou para a necessidade de centralizar o formato do forno quando descansa em quadrado, sobre o único formato da tampa em pentágono. Nesta primeira experiência, foi observado também o comportamento dos materiais refractários existentes na construção do forno, sobretudo na retenção de calor e na adequação do queimador utilizado face à volumetria interna do forno. De referenciar que existem no mercado vários queimadores com potências diversas e que a utilização do testado, com reduzida potência,

respondeu com eficácia às exigências de calor pretendidas. Este queimador já fazia parte do espólio e foi inúmeras vezes utilizado em queimas anteriores.



Figura 51 Forno em actividade.

Os dois objectivos foram atingidos: a rapidez em atingir 998°C, em apenas 2:30 horas; a chacota foi concluída sem deformações e com dureza e coloração adequadas. Verificou-se também, ser possível diminuir este período de tempo porque o caudal de gás injectado não foi elevado ao máximo nesta fornada. Como foi referido acima, a fornada concluiu-se em 2:30 horas, alcançando mais do que os 800°C exigidos para o barro vermelho e faiança.

Segue abaixo a tabela de registo da evolução e respectivas ocorrências da fornada:

Ciclo horário	Temperatura em meia hora	Temperatura em uma hora	Ocorrências registadas
15:31	22°C	22°C	Temperatura ambiente
16:01	289°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 250°C, o queimador engasgou, mesmo assim não parou de injectar gás (resolveu-se recuando ligeiramente o queimador para fora do forno para aumentar o caudal de oxigénio). - Aos 267°C, o caudal de gás foi aumentado pela primeira vez.
16:31	417°C	395°C	<ul style="list-style-type: none"> - Aos 440°C, começou a haver um ligeiro fumo no atelier acompanhado de um cheiro a queimado. - Aos 462°C, ainda é possível encostar a mão nas paredes do forno sem haver queimadura. - Aos 464°C, foi novamente aumentado o caudal de gás. - Aos 530°C, a tampa deformou para uma concavidade por acção das guias não acompanharem a dilatação da tampa, o registo ficou impossibilitado de circular normalmente,
17:01	574°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 591°C, o caudal de gás foi aumentado novamente. - Aos 596°C, é impossível o encosto da mão nas paredes sem haver queimadura. - Aos 630°C, começa a sair um ligeiro fumo da junção das paredes com a tampa (provavelmente é humidade vinda do interior do forno). - Aos 691°C, o fumo persiste, mas um pouco mais ténue. - Aos 750°C, o caudal de gás foi aumentado sem atingir ainda o fluxo máximo.
17:31	796°C	379°C	<ul style="list-style-type: none"> - Aos 859°C, o interior do forno apresenta uma homogénea cor alaranjada resultante da alta temperatura. - Aos 951°C, foi ouvido um barulho no interior do forno sem se detectar a causa. - Aos 970°C, foi novamente aumentado o caudal de gás sem atingir o limite.
18:01	998°C	202°C em 30 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> - A temperatura, entre as 18:02 e as 18:52, desceu 464°C. - A concavidade identificada na tampa, junto à chaminé, estava com uma curvatura no seu centro com 11mm de

			profundidade aproximando-se dos 7mm no arrefecimento final. - Após observação cuidada, o ruído registado aos 951°C foi provocado pelo rebentamento dos pontos de soldadura eléctrica das guias na tampa que originou a sua deformação.
Total: 2:30 horas	998°C	998°C	

A tampa, sofreu deformações estruturais localizadas na zona entre as guias por onde corre o registo de abertura e fecho da chaminé. Esta zona sofreu uma alteração estrutural no aço inox, descrevendo uma ligeira curva para o interior do forno. As guias em aço soldadas na tampa, não acompanharam a temperatura da chapa e obrigaram à deformação dessa zona. Constatou-se que seria necessário no futuro, retirar as guias metálicas deixando toda a superfície liberta de impedimentos na progressão das dilatações térmicas, comprovando também ser desnecessária utilização de corredeiras para movimentar o registo da chaminé. Igualmente, o facto de a chaminé não ter ficado com isolamento eficaz, não protegeu a chapa de aço inox convenientemente, permitindo também um aquecimento elevado nessa zona e um possível aliado na deformação das guias metálicas. Como já foi referido, decidiu-se pela eliminação das guias metálicas e adaptar uma parte de uma placa de fibra rígida, cortando-a à medida do orifício da chaminé, servindo de registo e ao isolamento da referida abertura. Tanto nesta fornada como em todas as subsequentes, vão existir duas formas de ler a temperatura dentro do forno: uma que indica no controlador digital e outra, através de anéis cerâmicos (anéis de Buller, figura 53), sendo colocados no interior do forno em locais estratégicos (cada forno tem o seu volume interno, forma de funcionamento e prateleiras refractárias que alteram as temperaturas internas, havendo necessidade de leituras diversas através da localização estratégica dos anéis).

Nesta fornada, por haver uma só prateleira, o anel de Buller foi colocado no meio das três peças cerâmicas. Os anéis de Buller são imprescindíveis para estas experiências, mas podem ser dispensáveis para outras fornadas regulares.

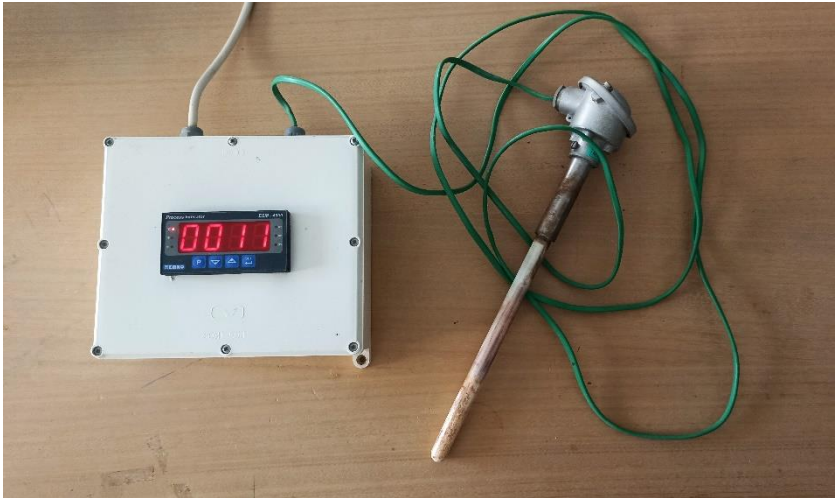


Figura 52 Controlador digital usado neste projecto.

Quase sempre, as leituras do controlador digital através do seu pirómetro incorporado no referido controlador, não correspondem ao registado pelos anéis de Buller. Serve neste projecto mais a leitura dos anéis, porque estes, ao se encontrarem mais localizados e espalhados pelo interior do forno, dão registos de temperaturas mais aproximadas da realidade do que o pirómetro que se encontra estático num só local de uma das paredes do forno.



Figura 53 Descrição da leitura do anel de Buller retirado do forno.

O anel de Buller introduzido nesta fornada, leu uma temperatura de 970°C. A temperatura atingiu 998°C no controlador digital, registando-se um desfasamento de 28°C. Na análise feita às peças retiradas do forno, verificou-se que estavam perfeitas no que diz respeito à cor, forma e contracção para uma boa chacota, a faiança que normalmente precisa um pouco mais de temperatura para atingir um ponto de cozedura perfeito. De referir que o barro vermelho tem um ponto de cozedura muito idêntico à faiança, entre os 980°C e 1000°C.



SEGUNDA COZEDURA

A segunda cozadura foi executada com as cinco paredes em anel de 500X500mm, montado em formato pentagonal. Este formato serviu para a chacota de quatro peças cerâmicas, duas em faiança e outras duas em barro vermelho.

Esta segunda fornada não tinha como objectivo ser diferente das exigências da primeira, apenas se pretendia testar o forno após as correcções introduzidas e observar uma cozadura com volume superior no interior do recetáculo, aumentando a capacidade com a introdução de mais uma parede, para enforar mais peças (nesta fornada, foi colocada mais uma peça do que na primeira cozadura). Como a finalidade era efectuar uma chacota das mesmas pastas cerâmicas da primeira fornada, a temperatura pretendida seria também 998°C., testando o comportamento do mesmo queimador para alcançar a mesma temperatura.

O Objectivo primordial, seria a observação da temperatura no forno com maior ocupação da capacidade interior e, simultaneamente, testar o comportamento do queimador na injecção do combustível, para se conseguir alcançar a mesma temperatura.

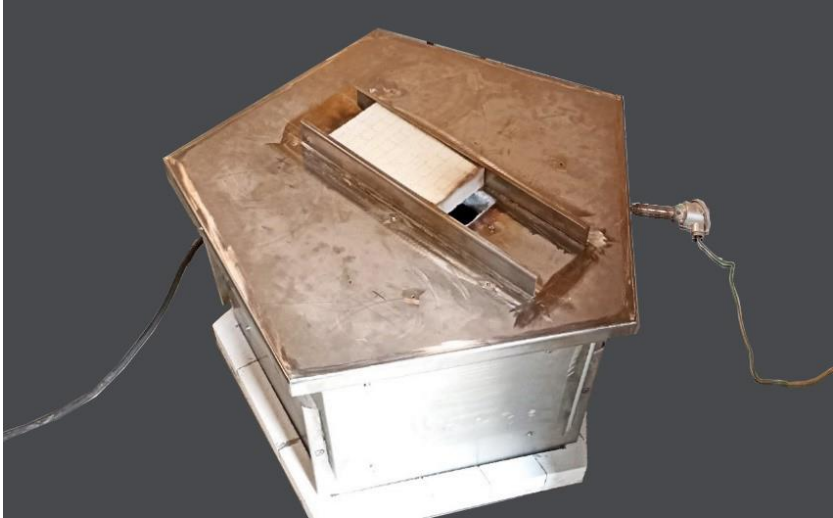


Figura 54 Forno montado e preparado para a cozedura.

Estávamos então numa nova forma de montagem, onde existiam comportamentos diferentes, perante o calor emanado no interior do forno. De referir que os ângulos das paredes aumentaram com a introdução de uma quinta parede, passando de rectos a obtusos e, enquanto nos ângulos rectos as fibras de isolamento das paredes encostavam entre elas, fechando hermeticamente a saída do calor, em ângulo obtuso, próximo dos 145°C, verificou-se um vazio nas ligações das placas de isolamento, com formato triangular vertical, sendo preenchido com uma cunha maquinada em placa rígida de fibra refractária, para lhe dar o isolamento adequado.



Figura 55 Cunhas acopladas aos ângulos entre as paredes.

No caso desta fornada, foram colocadas cinco cunhas com a altura de 500mm, embora se tenham fabricado outras cinco cunhas com a altura de 300mm para utilização nas paredes de 500x300mm sempre que houver necessidade.

De realçar que nesta experiência de cozedura, a disposição da tampa ficou totalmente justaposta sobre as paredes. Neste caso o calor propagou-se homogeneamente pela tampa, ao contrário do que tinha acontecido na **primeira fornada**. De lembrar que na fornada anterior, a tampa ficou desamparada de um lado, provocando-lhe deformação, também induzida pelas guias metálicas onde corria o registo agora, a tampa, foi colocada sobre as paredes com a deformação côncava existente para observar se, após esta cozedura, se verificava qualquer alteração na sua superfície. A temperatura alcançada foi de novo os 998°C e as quatro peças de cerâmica retiradas do forno estavam perfeitamente cozidas, na análise à coloração, dureza e toque. O anel de Buller voltou a ler uma temperatura de 970°C, precisamente também com o desfaseamento de 28°C da anterior fornada.

Quanto às observações do comportamento do forno regista-se que, das uniões das paredes, e destas à base e à tampa, não se registaram surpresas de maior, considerando eficaz o seu isolamento térmico. Na junção das paredes com a tampa, observou-se uma escapadela inicial de fumo que se entende provocada por expulsão da humidade interna, acontecimento benéfico para uma boa cozedura.

A deformação detectada na tampa, na zona das guias metálicas, agravou-se, acentuando-se os desníveis com a disfunção entre os metais aquecidos, levando a que novos pontos de soldadura das guias se soltassem da estrutura da tampa. As guias alteraram a distribuição calórica no aço, comprovando a necessidade da sua retirada, reconhecendo-se também a sua ineficácia técnica.

Segue abaixo a tabela da evolução e respectivas ocorrências da fornada:

Ciclo horário	Temperatura em meia hora	Temperatura em uma hora	Ocorrências registadas
09:10	20°C	20°C	Temperatura ambiente
09:40	249°C		-Aos 345°C, o caudal de gás foi aumentado pela primeira vez.
10:10	433°C	413°C	- Aos 465°C, não se detecta saída de fumo a sair das uniões das paredes contrariamente à anterior fornada. - Aos 496°C, o caudal de gás foi aumentado novamente. - Aos 551°C, ainda se consegue colocar a mão nas paredes do forno sem haver aquecimento excessivo.
10:40	591°C		- Aos 612°C, o caudal de gás foi aumentado sem estar ainda no limite máximo. - Nesta fornada não se detecta fumo nem cheiro no interior do atelier. - Aos 726°C, a atmosfera dentro do forno começa a ficar alaranjada uniformemente. - Aos 738°C, o caudal de gás foi aumentado.
11:10	783°C	350°C	- Aos 796°C, o caudal de gás foi aumentado novamente sem atingir o limite máximo.

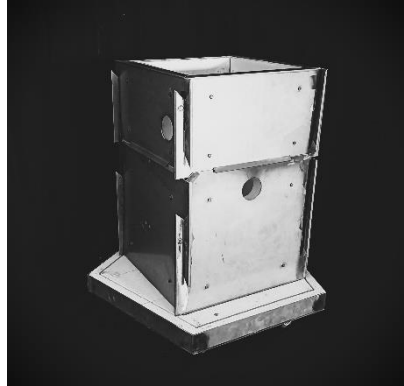
			<ul style="list-style-type: none"> - Aos 838°C, o registro foi um pouco mais aberto para libertar mais gases do interior do forno e também, permitir uma subida de temperatura uniforme (a temperatura estava em queda ligeira). - Aos 877°C, o caudal de gás foi novamente aumentado sem atingir o máximo.
11:40	981°C		
11:47	998°C	17°C em 7 minutos.	- Quando o forno já estava desligado e fechado, aos 879°C (com temperatura a descer), ouviu-se um som forte como se algo se partisse, não se detectando a origem.
Total: 2:37 horas	998°C	998°C	

O tempo utilizado nesta fornada foi semelhante ao da primeira cozedura, aumentando apenas 7 minutos em relação à primeira fornada, num tempo máximo de 2:37 horas.

A conclusão que se retira desta experiência é que o aumento de volume do forno, passando da versão de planta quadrada para a pentagonal, não exige grande alteração na potência do queimador empregue e que a quantidade de gás utilizado é relativamente idêntica à primeira cozedura.



Figura 56 Enforna com o forno montado em pentágono.



TERCEIRA COZEDURA

A terceira cozadura foi executada construindo o forno em formato quadrangular, com os dois anéis acoplados, ficando o de 300X500mm sobreposto ao de 500X500mm. A montagem foi preparada com dois níveis internos, separados por prateleira refractária, para fazer a chacota de duas peças em grés colocadas na prateleira superior e outras duas peças já chacotadas anteriormente, colocadas na prateleira inferior.

A colocação de duas peças para a chacota na parte superior do forno, tinha em conta a observação colhida nas fornadas anteriores, no que respeita às temperaturas obtidas no interior do forno, sabendo que nesse local são menos elevadas que na base do forno. Refira-se que as fornadas anteriores foram executadas com apenas um anel em altura e, mesmo nessa circunstância, foi detectado um desfasamento de temperatura entre o nível da base e do topo.



Figura 57 Pormenor do forno com os dois anéis acoplados sem uma parede.

Com nova volumetria seria previsível um acentuar dos desníveis térmicos. Colocaram-se as duas peças para a chacota no cimo do forno, local onde se prevê menor temperatura, ficando na prateleira de baixo duas peças já chacotadas anteriormente, para voltar a testar o seu grau de cozedura com uma segunda ida ao forno. Esta fornada serviria também para tentar ultrapassar temperaturas anteriores, lidas nos anéis de Buller, isto porque esses registos davam um desfasamento próximo dos 30°C em relação ao controlador digital. Seria também observado o comportamento na união entre os dois anéis do forno, por forma a detectar possíveis fugas de calor nesse perímetro central e verificar se as paredes metálicas verticais sofriam qualquer deformação.

A tampa foi alterada com a supressão das guias causadoras de algumas deformações. Com a remoção das mesmas, permaneceram as deformações na tampa no final desta fornada, verificou-se que não piorou, mas fica a constatação de que não se deve soldar qualquer

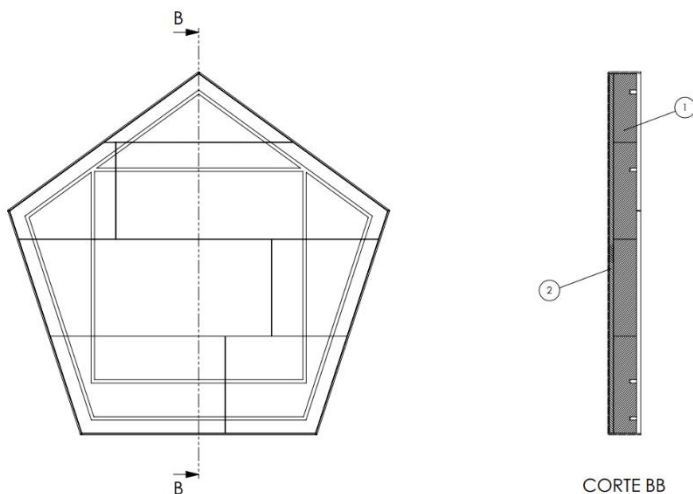
aparelho a esta tampa com estas características sem uma nova reformulação dos materiais refratários. A base manteve-se inalterada estruturalmente, mesmo com a elevação da temperatura. No entanto, foi ponderada a colocação de um amparo em aço inox ao redor da base, para protecção da possível degradação dos materiais refractários que estão facilmente sujeitos a possíveis embates causados pelas deslocações e manuseamentos necessários à função operacional.

Projectou-se então a reformulação da base, adquirindo nova superfície com dobragem em ângulo recto em todas as faces do pentágono, banda alçada para a vertical com 74mm, constituindo uma saia protectora do material refratário. Esta banda vai criar também um melhor efeito estético da base. A área desta nova base, sofrerá uma redução de 30mm em todo o seu perímetro, ficando cada face com 555mm de largura em vez dos anteriores 580mm.



Figura 58 Nova base com uma dobra metálica vertical superior.

A nova base irá estar em execução durante o período em que decorrem as outras fornadas experimentais, enquanto esta, pela sua excelente performance, continuará a ser usada até terminar este período de experimentação.



1 - Tijolo refratário maquinado para isolamento e resguardo da chapa de aço inoxidável
 2 - Placa rígida em fibra de 10 mm de espessura

Figura 59 Corte longitudinal da base com refratário.

Retomando o relato da cozedura, na junção dos dois anéis e apenas na confluência de uma das paredes sobrepostas num dos lados do quadrado, registou-se uma elevada fuga de calor quando a temperatura atingiu os cerca de 598°C, fazendo com que a chapa de aço da parede do anel inferior, iniciasse uma dilatação em curva para o exterior, num canto da parede metálica. Constatou-se, pela visão da incandescência vinda do interior do forno, que a junção das duas paredes não estava hermética, existindo uma fenda, com cerca de 5mm, entre o material refractário, provocada pela má sobreposição das dobragens superiores nas paredes em aço, não permitindo a descida total dos materiais refractários superiores ao encosto dos de baixo. Ao analisar as restantes uniões das paredes, percebeu-se que, embora estivessem de encosto quase perfeito, registavam também pequenas anomalias sem terem provocado quaisquer deformações nas paredes do forno.



Figura 60 Pormenor da curvatura da chapa de aço.



Figura 61 Pormenor da falha na sobreposição das paredes no interior do forno.

Terminada a cozedura, verificou-se que as paredes não registavam mais deformações do que a registada anteriormente. A tampa não sofreu alteração e a base continuou como a estrutura mais sólida de todo o conjunto.

Como balanço final, de referir que a temperatura alcançada atingiu os 1110°C no controlador digital, mas o anel de Buller que estava situado

na prateleira de baixo, registou apenas 1090°C, havendo assim, um desfasamento de temperatura de 20°C. Quanto ao anel de Buller que estava na prateleira de cima, registou apenas 1060°C, perfazendo um desfasamento de 50°C. Por não se ter atingido uma temperatura superior a 1110°C (por incapacidade do queimador utilizado), comprovou-se que as peças cerâmicas que entraram no forno para chacota, estavam perfeitas, e tinham atingido uma temperatura certa para a possível decoração com vidrados para cozedura posterior. Já as peças em grés, situadas na prateleira de baixo, precisariam de ter alcançado aproximadamente 1150°C, lidos com um anel de Buller. Daqui advém a necessidade de utilização de dois queimadores, colocando o segundo em entrada no anel superior, para podermos ter atmosfera calórica mais uniforme e maior potência em todo o recetáculo.

O tempo utilizado nesta fornada foi de 2:41 horas decorrendo a progressão da temperatura de modo previsível até aos 985°C, altura em que o caudal de gás foi aumentado até quase ao limite da sua capacidade.

Segue abaixo a tabela da evolução e ocorrências da fornada:

Ciclo horário	Temperatura em meia hora	Temperatura em uma hora	Ocorrências registadas
14:09	24°C	24°C	Temperatura ambiente
14:39	288°C		<ul style="list-style-type: none"> - Existência de fumo na união dos dois anéis numa só parede. - O fumo aumenta consoante o aumento de temperatura aos 366°C. - O caudal de gás foi aumentado aos 362°C.
15:09	488°C	464°C	<ul style="list-style-type: none"> - Aos 541°C, o caudal de gás foi aumentado novamente. - No local onde fumo sai, a chapa de aço começa a dobrar para fora devido ao calor a incidir diretamente no metal aos 621°C
15:39	702°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 785°C, o caudal de gás foi aumentado, não estando ainda no máximo.

16:09	883°C	395°C	<ul style="list-style-type: none"> - Aos 991°C, o caudal de gás foi aumentado novamente não estando ainda no máximo. - A chapa de aço continua a dobrar para fora aos 994°C. - Aos 996°C, o caudal de gás foi aumentado novamente sem atingir o limite máximo.
16:39	1039°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 1052°C, o caudal de gás foi elevado ao limite máximo.
16:50	1110°C	227°C em 41 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> - Desligado o forno e com as paredes frias, a chapa dobrada voltou ligeiramente atrás, tendo agora uma curvatura menor.
Total: 2:41 horas	1110°C	1110°C	

Como reflexão final, e depois de todas as experiências até então levadas a efeito, conclui-se que o forno, com os dois anéis acoplados, necessita de dois queimadores de igual potência ao agora utilizado. Provavelmente, o tempo de cozedura pode também ser acelerado com esse requisito.



QUARTA COZEDURA

A quarta cozadura foi executada com os dois anéis acoplados e montados em formato pentagonal. O anel de 500X300mm ficou sobreposto ao de 500x500mm. No interior do forno, foram armadas três prateleiras, na primeira mais baixa, foi colocada uma peça de cerâmica em grés para a chacota, na segunda prateleira a meio da altura do forno, foram colocadas, pela primeira vez, duas peças para vidrar (vidrado para baixa temperatura, 980°C/1020°C), e na prateleira superior, duas peças em faiança para uma chacota.



Figura 62 Pormenor da enforna com três prateleiras.

Esta disposição das peças cerâmicas, retoma algumas experiências anteriores, bem como no referente às temperaturas pretendidas a cada característica de pasta e agora também com a aplicação de vidrados. Esta simultaneidade com pastas diversas e com vidrados numa só fornada, embora possíveis, não são recomendáveis pelas características dos materiais e exigências calóricas de cada um. Esta junção pode propiciar inúmeras surpresas, desde destruição de peças cerâmicas, os vidrados podem sofrer alterações no seu comportamento, coloração ou brilho final, etc.

Embora não sendo recomendável, mas tendo em conta repensar alternativas aos fornos estandardizados, esta variedade introduzida no forno, pode tornar-se desejável neste projecto diminuindo as experiências em fornadas, sobretudo para se ter o apuramento das peças cruas prontas para a chacota e outras já vidradas e finalizadas, em momentos tão díspares que, por vezes, se obrigam a enfornas similares à que agora se seguiu, com resultados possivelmente satisfatórios.

As chacotas para grés e faiança, bem como as duas peças de cerâmica vidradas, alcançaram o desejado previamente, ou seja, boas condições nas chacotas e na resolução dos vidrados, embora a elevação da temperatura necessária para cozer na perfeição o grés e principalmente a porcelana, não fosse ainda alcançada, por insuficiência de temperatura.

As expectativas no resultado da temperatura final alcançada, não iam além das adquiridas nas queimas anteriores, porque ia ser utilizado o mesmo tipo de queimador. Essa temperatura, elevada ao máximo dentro do habitáculo com três andares em altura, atingiu 1060°C lidos no controlador digital e 1010°C registados num dos anéis de Buller, apresentando um êxito extraordinário no que toca à chacota de grés (pasta que exige temperaturas mínimas à volta dos 1000°C). O anel de Buller colocado na segunda prateleira, onde estavam colocadas as

peças vidradas, leu 990°C, com esta temperatura e também com a análise posterior feita às duas peças, a conclusão foi boa, o vidro estava na perfeição no que diz respeito à cor, transparência e brilho. Finalmente, a terceira prateleira continha uma peça para a chacota em faiança (cujo anel de Buller leu 970°C), verificou-se por análise ao toque, à cor e sonoridade, que estava em perfeitas condições de chacota.

No referente ao comportamento estrutural do forno, a queima correu na perfeição, não houve problemas a registar no que diz respeito à base, às paredes e à tampa. As correcções feitas nas paredes, a partir das ocorrências anteriores, foram eficazes. As cunhas de isolamento dos ângulos, quando o forno se monta em pentágono, foram melhoradas para estancar a saída do calor pelas fendas na união das paredes e por fim, a supressão de triângulos nas abas superiores do aço inox, no cimo das paredes, permitiu o seu encaixe na descida (em cerca de 3mm), assentando na perfeição, todo o anel de cima em compressão sobre os materiais de isolamento de baixo, estancando completamente qualquer saída de gases ou calor para o exterior do forno, na intersecção do acoplamento das paredes na horizontal.

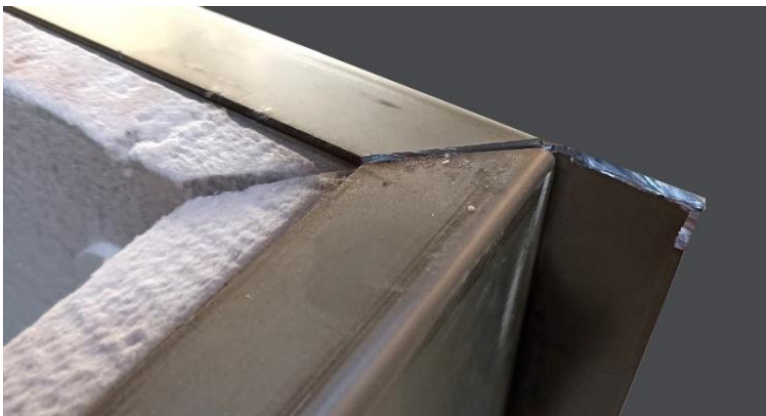


Figura 63 Pormenor do corte do metal a 45° da dobra superior.

Como eventual melhoramento para a próxima fornada, deve injectar-se maior caudal de fogo com novo queimador, com a colocação do segundo queimador, no anel superior, com início de ignição em momento apropriado com os dois em simultâneo, para se poder aumentar a temperatura pretendida e, ao mesmo tempo, actuar como estabilizador térmico de toda a atmosfera interna, tentando assim, evitar desfasamentos na ordem dos 50°C, entre a base e o topo, como aconteceu anteriormente.

Esta fornada demorou um pouco mais do que a anterior, 19 minutos. Esse acontecimento deveu-se ao aumento da volumetria interna do forno, embora as três horas do ciclo de combustão estejam em conformidade com a previsão de uma fornada com esta disposição em volumetria.

Segue abaixo a tabela da evolução e ocorrências da fornada:

Ciclo horário	Temperatura em meia hora	Temperatura em uma hora	Ocorrências registadas
14:40	19°C	19°C	Temperatura ambiente
15:10	273°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 279°C, o caudal de gás foi aumentado pela primeira vez. - O caudal de gás foi aumentado novamente aos 390°C. - Sobe 1°C em cada 7 segundos aos 472°C.
15:40	496°C	477°C	<ul style="list-style-type: none"> - Aos 496°C, não se detecta fumo algum no local da anomalia da fornada anterior (a reparação ficou perfeita). - As duas chapas de aço nesta fornada mantem-se estáveis (não dobram). - Aos 506°C, 1°C sobe em cada 11 segundos. - Aos 521°C, o caudal de gás foi aumentado. - A lenta subida de temperatura nesta fase deve-se a uma troca de botija de gás.
16:10	553°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 613°C, o caudal de gás foi aumentado novamente. - Aos 703°C a atmosfera dentro forno começa a ficar alaranjada uniformemente.

			<ul style="list-style-type: none"> - Aos 741°C, as paredes do forno continuam a comportar-se na perfeição, não se detecta curvatura alguma. - Aos 771°C, o registo foi um pouco mais aberto a fim de libertar gases e facilitar a sua circulação (facilita a subida de temperatura).
16:40	800°C	304°C	- Aos 840°C, o caudal de gás foi aumentado novamente, ainda não está no máximo.
17:10	952°C		- Aos 978°C, o caudal de gás foi aumentado para o máximo da sua capacidade.
17:40	1060°C	260°C	
Total: 3:00 horas	1060°C	1060°C	



QUINTA COZEDURA

A quinta cozedura, como a anterior, foi executada com os dois anéis acoplados e montados em forma de pentagonal. Serviu para fazer uma chacota de sete peças cerâmicas, três em grés e quatro em porcelana. A enforna foi feita apenas com uma prateleira em altura, ficando no patamar de baixo, as três peças em porcelana e na prateleira de cima, três peças em grés e a quarta em porcelana.

Seguindo a montagem anterior do forno, pretendia-se aumentar a quantidade de peças cerâmicas numa fornada e, também, alcançar uma maior temperatura até agora não registada. Sendo destinada primordialmente à chacota do grés e da porcelana, estaria em equação a possibilidade do aumento de temperatura na tentativa de alcançar os 1300° para um eficaz tratamento calórico destas pastas, principalmente da porcelana.



Figura 64 Pormenor da enfora com forno acoplado em pentágono.

Devido à inexistência de prateleiras com formato e dimensões adequadas, o preenchimento do forno ficou aquém no número de peças possíveis para cozer, como se observa na imagem. Embora seja imprescindível um espaço vazio entre as paredes e as placas refratárias, neste caso, o elevado espaço vazio, pode no futuro ser preenchido com mais cerâmica.

Não se registaram fenómenos estranhos durante o decorrer da fornada; a base, as paredes e a tampa comportaram-se de modo semelhante à anterior cozedura. A tampa, apesar de continuar a sofrer elevada temperatura directamente na chapa de aço, na área da chaminé, não sofreu alteração visível, embora se preveja um novo tratamento de isolamento dessa área, para que o fogo se afaste mais da chapa de aço inox.

A fornada decorreu com apenas um queimador até aos 960°C, altura em que se decidiu injectar mais calor no forno, acoplando um segundo queimador no anel superior.



Figura 65 Forno com os dois queimadores em actividade.

A decisão de introduzir um segundo queimador, foi imprescindível para provocar uma subida mais rápida de temperatura e economia de gasto de combustível. A introdução do segundo queimador, como se demonstra no quadro explicativo do ciclo horário/temperatura, a partir dos 960°C, aumentou a dinâmica da fornada e, em apenas 30 minutos, a temperatura subiu 270°C. Se compararmos com o quadro do ciclo horário/temperatura da quarta fornada, percebemos que, em apenas 30 minutos, nunca se tinha obtido subida de temperatura com rapidez semelhante.

A temperatura alcançada nesta cozedura, apontada no controlador digital, foi de 1280°C e nos dois anéis de Buller, introduzidos nos dois patamares do forno, a temperatura registada foi de 1170°C na prateleira de baixo e de 1150°C na prateleira de cima. O objectivo de efectuar a chacota às duas pastas, foi alcançado, os 1000°C seriam suficientes para resolver a chacota como objectivo final.

Segue abaixo a tabela da evolução e ocorrências da fornada:

Ciclo horário	Temperatura em meia hora	Temperatura em uma hora	Ocorrências registradas
14:26	18°C	18°C	Temperatura ambiente
14:56	261°C		-Aos 287°C, o caudal de gás foi aumentado pela primeira vez.
15:26	484°C	466°C	-Aos 487°C, o caudal de gás foi aumentado novamente. - Sobe em 9 segundos 1°C aos 492°C. - O caudal de gás foi aumentado aos 568°C. - Não se detecta saída de fumo ou perda de calor nas paredes do forno aos 643°C.
15:56	683°C		-Aos 719°C, o caudal de gás foi aumentado novamente (não se encontra ainda no máximo). -A atmosfera alaranjada começa a uniformizar-se dentro do forno aos 721°C.
16:26	809°C	325°C	-Aos 894°C, o caudal de gás foi novamente aumentado (não se encontra ainda no máximo). -Aos 956°C, foi aumentado o caudal de gás sem estar ainda no máximo.
16:56	960°C		-O segundo queimador foi colocado no forno no anel de cima aos 1031°C (a fornada anterior deu a informação que seria aproximadamente nesta temperatura que deveria ocorrer um incremento de calor para permitir uma subida gradual de temperatura sem paragens). -Com os dois queimadores a trabalhar, 1°C sobe em 7 segundos. -Com o propósito de estabilizar a atmosfera em todo o seu habitáculo, reduziu-se ligeiramente o fluxo do caudal para uma potência média. -O registo foi aberto aos 1054°C até quase à sua totalidade para permitir uma maior libertação de gases (tinha começado a fazer "redução" dentro do forno dada a escassez de oxigénio no seu interior). -Aos 1104°C, o caudal de gás do queimador de baixo, foi aumentado (sem atingir o máximo).

			-Aos 1181°C, o caudal de gás do queimador inferior foi elevado ao máximo da sua potência, enquanto o superior aumentou ligeiramente.
17:26	1230°C	421°C	-Aos 1256°C, o caudal de gás do queimador superior foi aumentado novamente, sem atingir o máximo.
17:56	1280°C	50°C em 30 minutos	
Total: 4:00 horas	1280°C	1280°C	

O grés alcançou a temperatura necessária, mas a porcelana, precisaria de mais temperatura para se conseguir o mesmo sucesso. Se a temperatura lida no controlador digital (1280°C), fosse a obtida nos anéis de Buller, estaríamos na presença de porcelana com melhor resolução na cozedura, embora se deseje para esta pasta, os +- 1300°C.



SEXTA COZEDURA

A sexta cozedura foi executada com os dois anéis acoplados e montados em formato de pentagonal. Serviu exclusivamente para vidrar 8 peças cerâmicas, duas em barro vermelho, duas em faiança, duas em grés e outras duas em porcelana. A enforna foi executada com duas alturas, na prateleira de baixo ficaram as duas peças de grés e as duas de porcelana, na prateleira de cima ficaram as duas de faiança e as duas de barro vermelho.

Os vidrados aplicados em todas as peças cerâmicas foram de baixa temperatura (980°C/1020°C). Pretendia-se uma cozedura sem anomalias, com uma subida de temperatura inicial lenta e que, progressivamente, atingisse os 1030°C no controlador digital, para que a leitura nos anéis de Buller estivesse próxima das exigências dos vidrados de baixa temperatura.

A disposição das peças cerâmicas dentro do forno obedeceu a uma regra comum a todas as fornadas para vidragem, tanto para baixa temperatura (980°C/1020°C), ou alta temperatura (1130°C/1170°C), em qualquer forno, as peças cerâmicas devem ficar separadas entre si, para precaver possíveis encostos e colagens dos vidrados, se ocorrer contactos entre peças, se assim acontecer, haverá uma colagem com o inglório resultado e inutilidade.

A cozedura iniciou-se com um só queimador na base e apenas aos 930°C foi utilizado um segundo queimador no anel de cima, com o único propósito de nos últimos 100°C se obter uma maior homogeneidade calórica dentro do forno. Os vidrados quando cozem têm uma particularidade comum.

Segue abaixo a tabela da evolução e ocorrências da fornada:

Ciclo horário	Temperatura em meia hora	Temperatura em uma hora	Ocorrências registradas
10:20	24°C	24°C	Temperatura ambiente
10:50	270°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 230°C, o caudal de gás foi aumentado pela primeira vez. - Aos 371°C foi novamente aumentado o caudal de gás. - Sobe 1°C em cada 8 segundos aos 450°C.
11:20	475°C	451°C	<ul style="list-style-type: none"> - Aos 495°C não se detecta qualquer anomalia na tampa. - Foi novamente aumentado o caudal de gás aos 507°C (não está ainda no máximo). - O caudal de gás foi aumentado novamente aos 578°C.
11:50	693°C		<ul style="list-style-type: none"> - Aos 721°C, a atmosfera dentro do forno começa a ganhar a cor alaranjada, mais intensa nas placas refratárias e peças cerâmicas. - Aos 785°C foi necessário abrir o registo com o intuito de permitir maior saída de gases (o queimador engasgou). - O caudal de gás foi novamente aumentado aos 857°C (ainda não atingiu o máximo).
12:20	886°C	411°C	- Aos 938°C foi elevado o caudal de gás para o máximo.
12:50	1014°C		
12:57	1030°C	144°C em 37 minutos.	
Total: 2:37 horas	1030°C	1030°C	

A fornada correu conforme o pretendido. As temperaturas lidas tanto no controlador digital (1030°C), como também nos dois anéis de Buller dentro do forno (1019°C no anel colocado na prateleira de baixo e, 999°C no anel colocado na prateleira de cima), ficaram dentro dos parâmetros pretendidos, obtendo-se vidrados bem resolvidos.

A estrutura do forno comportou-se sem anomalias detectadas, depois de efectuadas as alterações na tampa previstas na quinta fornada e refeito o isolamento junto à extração de fumos por estar o aço inox em contacto quase directo com o calor vindo do interior do forno. Para resolução do problema, reformulou-se o isolamento térmico da chaminé, acoplando-lhe um tijolo refractário maquinado em forma de "saia", para proteger a chapa de aço em todo o seu perímetro.

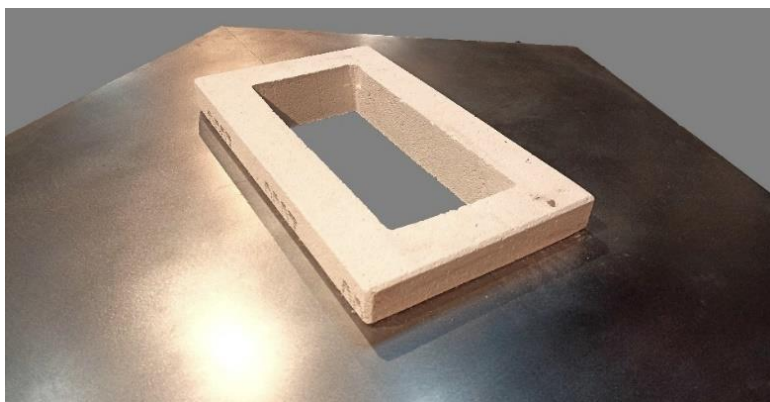


Figura 66 Tijolo maquinado acoplado à tampa pelo exterior.

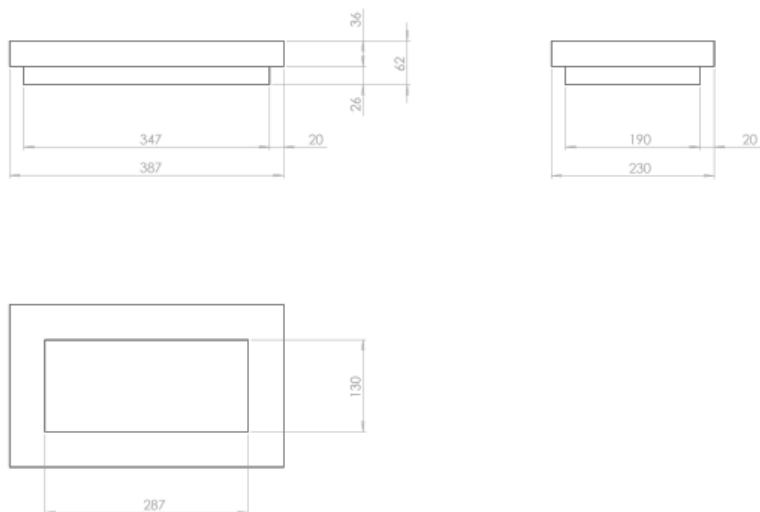


Figura 67 Desenho técnico do tijolo maquinado, escala 1/10.

Foi também acrescentada uma placa de fibra rígida de 10 mm ao isolamento interior da tampa encostada ao tijolo maquinado, fazendo com que a chapa de aço ficasse totalmente “escondida” do calor emanado do interior do forno. O isolamento térmico finaliza com a manta em fibra.

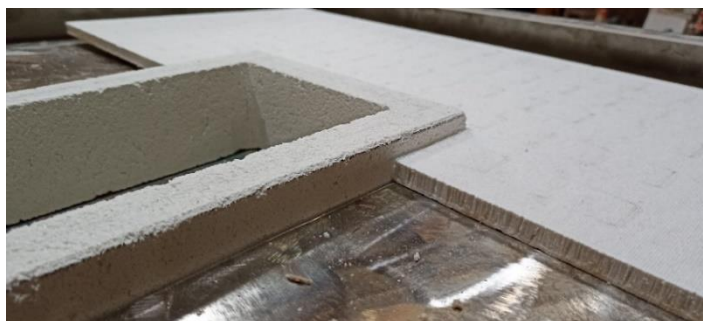


Figura 68 Pormenor da colocação da placa rígida no interior da tampa.

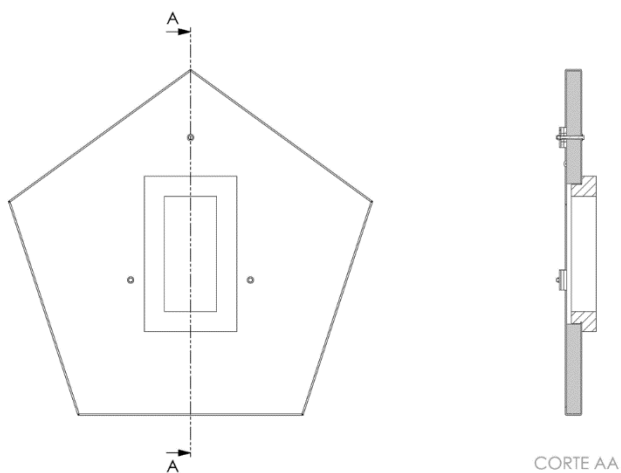


Figura 69 Corte longitudinal da tampa com isolamento térmico, escala 1/10.

Quando o forno está com os dois anéis acoplados verticalmente e se torna necessário a utilização de um segundo queimador no anel superior, exige-se solução de apoio no exterior da parede próximo do orifício para a sua introdução. Até ao momento, a solução encontrada foi de improviso. Para solução definitiva, desenharam-se dois acessórios em chapar de aço inox com 2 mm de espessura, uma bainha que estará definitivamente fixa com quatro parafusos e quatro porcas também em aço, a uma das paredes do anel superior (parede de 500x300mm), onde se encontra o orifício de entrada do queimador), o segundo, composto pela prateleira em forma de poleia, que se encaixa na bainha, ficando a prateleira em ângulo recto com a parede, por forma a receber o queimador.

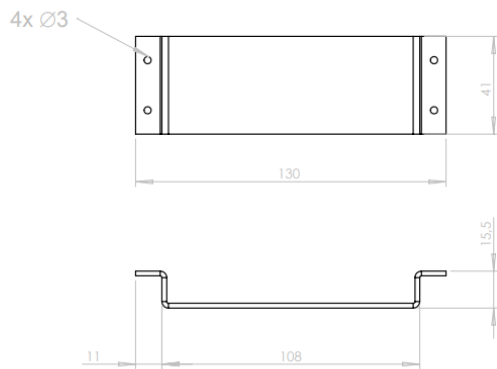
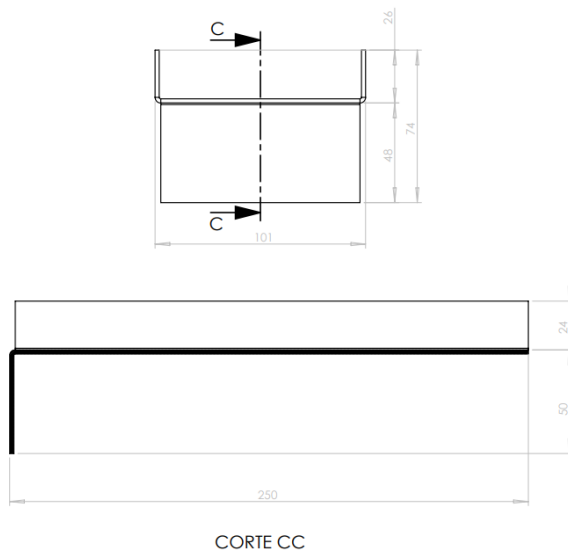


Figura 70 Desenho técnico da saia, escala 1/10.



CORTE CC

Figura 71 Desenho técnico da poleia, escala 1/10

Esta prateleira/poleia, só será acoplada à parede aquando da sua utilização pelo que, em termos de transporte ou armazenamento, não constitui contratempo volumétrico ao encosto entre paredes. A cama ou lastro de descanso para o queimador, foi construída com uma largura suficiente para que possa, no futuro, albergar um queimador mais largo e mais potente.



Figura 72 Bainha fixa à parede.



Figura 73 Queimador em cima da poleia.

Com o objectivo de garantir segurança ao queimador, quando instalado sobre a prateleira, foi concebido um acessório em formato de olhal de travamento para o fixar, de modo a precaver eventuais desvios decorrentes de algum contacto inadvertido. O acessório, feito em chapa de aço inox, com 2mm de espessura, entrará quase a meio do comprimento da prateleira, com o objectivo de "abraçar" o queimador imobilizando-o, mas permitindo ainda, a deslocação em avanço para o interior do forno e, também, oscilações em ângulos laterais em caso de necessidade.

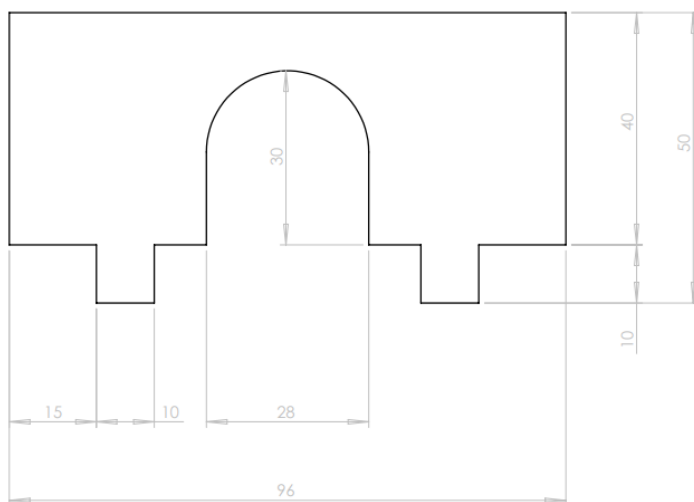


Figura 74 Desenho técnico de acessório do queimador, escala 1/2.

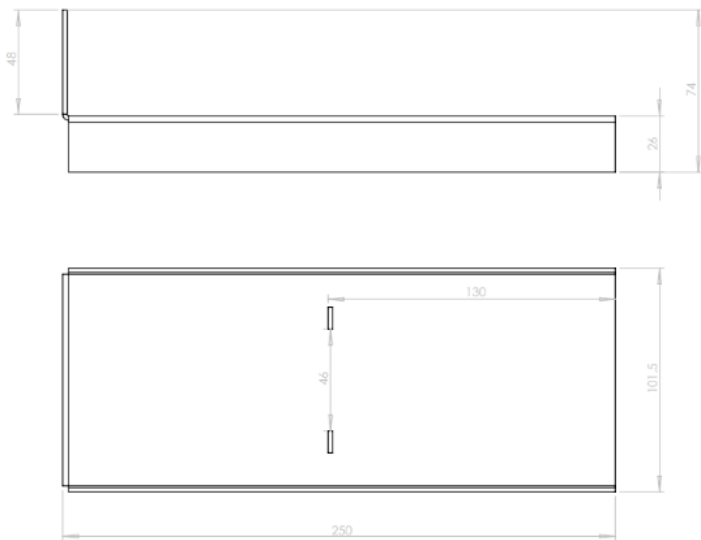


Figura 75 Desenho técnico das aberturas efectuadas na prateleira, escala 1/2.

RESUMO DA ANÁLISE DAS SEIS COZEDURAS

Analisando os comportamentos das seis cozaduras verificou-se uma uniformidade nas subidas de temperatura, de acordo com os patamares térmicos e respectivos horários. A leitura do gráfico abaixo, para além de reforçar esse paralelo, detalha também outros pormenores: até aos 400°C, todas as fornadas seguiram a mesma linha ascendente e, para atingir esta temperatura, as fornadas, precisaram aproximadamente de 50 minutos. A partir dessa temperatura, houve uma ténue separação voltando a encontrar-se aproximadamente aos 1000°C, para finalizarem todas as cozaduras com ligeiros desfasamentos devido apenas às diversas temperaturas finais a alcançar.

No que concerne à parte estrutural do forno e estando a mesma, em processo experimental, sujeita às vicissitudes de situações desconhecidas que advieram em alguns momentos inesperados, foram em todos os casos resolvidas.

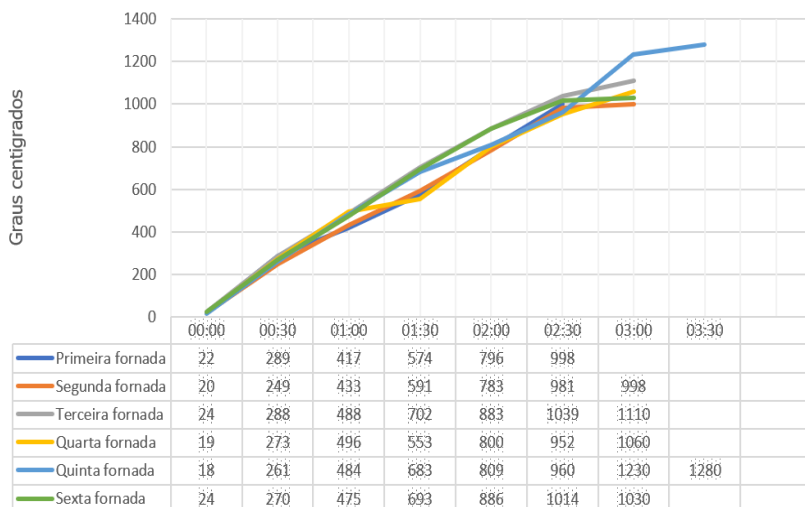


Figura 76 Gráfico sequencial das cozaduras.



Figura 77 Peças cerâmicas retiradas da sexta fornada.

CONCLUSÃO

O projecto “Forno Modular Para Cerâmica” apresenta-se como alternativa aos fornos convencionais, podendo oferecer a vantagem de se adaptar volumetricamente à variabilidade de formatos das peças cerâmicas e/ou à quantidade das mesmas.

Neste sentido, a flexibilidade de utilização foi o conceito primordial para a construção de um forno para cerâmica, que não se mantivesse estático e repetitivo na sua forma interior e que se adaptasse ao local desejável para a sua utilização, num espírito de mobilidade. Propondo-se uma alternativa ao entendimento estático da indústria na construção dos fornos, criou-se o conceito modular de encaixe de paredes que formam uma diversidade de volumetrias envoltórias das peças cerâmicas. O processo experimental permitiu validar este conceito que se caracteriza por uma adaptabilidade volumétrica ao seu conteúdo, facilidade nas montagens e desmontagens, bom acondicionamento e peso reduzido, podendo ser manuseado por uma só pessoa sem auxílio de maquinaria e transportado numa viatura ligeira.

Relativamente ao controlo da atmosfera térmica neste forno, prevê-se que venham a ser alcançadas as temperaturas exigidas por qualquer pasta de cerâmica ou vidro, em paralelo com fornos comercializados no mercado (embora não os substitua na repetição continuada de cozaduras, pelas oscilações imprevisíveis no interior do recetáculo deste forno de volumetria varável para cerâmica).

Por fim, torna-se claro que este projecto necessita de continuidade e aperfeiçoamento, tendo em conta a evolução dos materiais refractários, ficando em aberto o seu emprego em desenvolvimentos futuros, no sentido de melhorar processos técnicos de construção e funcionamento. Mesmo considerando excelente o processo de montagem e o desempenho deste forno, bem como satisfatório o cozimento dos produtos cerâmicos resultante do seu funcionamento,

importa considerar que o conceito desta proposta constitui um ponto de partida para desenvolvimentos futuros. Deixando também em aberto que o conceito volumétrico deste projecto, pode ser alterado tanto em altura, acrescentando outros anéis, como em largura, passando para áreas maiores e sob outras geometrias volumétricas, desde que se encontre solução para incrementar a temperatura para o seu interior.

GLOSSÁRIO

Adobe: Argila misturada com elementos para maior resistência como podem ser a palha, ervas ou cal, que posteriormente seca ao sol.

Anel de Buller: Utensilio composto de matérias cerâmicas que permite a indicação dos efeitos de cozeduras, lendo a uniformidade da temperatura em vários locais dentro do forno.

Barbotina: Pasta cerâmica líquida, serve essencialmente para enchimento de moldes, a adição de desfloculantes dá-lhe a capacidade de várias percentagens de água na sua composição.

Chacota: Primeira cozedura das peças cerâmicas.

Chamote: Matéria-prima geralmente feita de cacos de cerâmica triturada e moída.

Corrediça: Encaixe ou guias por onde desliza um acessório que abre ou fecha uma abertura.

Cunhas: Peça que diminui de espessura até terminar em corte, serve para cortar, nivelar ou tapar orifícios.

Enchimento por via líquida: Processo de enchimento de moldes em gesso com barbotina (barro líquido). Os moldes devem conter uma abertura (boca), por onde se efectua o enchimento e, mais tarde, depois do gesso absorver alguma água, originando uma espessura, criando uma parede. A restante barbotina que permanece líquida, é removida do molde por vazamento pela mesma abertura, permanecendo exclusivamente a parede agarrada ao molde que, posteriormente, se irá descolar pela continua acção de absorção do gesso, para que a peça cerâmica possa ser retirada com a forma do molde.

Faiança: Palavra proveniente da cidade italiana de Faenza (centro cerâmico muito importante no século XV e XVI), composta essencialmente de argila gorda, argila magra, sílica e caulino. Coze a temperaturas mais baixas do que o grés e porcelana.

Grés: É um producto cerâmico para alto fogo (+- 1200°C), a baixa porosidade provinda das altas temperaturas em cozedura origina uma loiça resistente tanto ao tacto ou mesmo a diferentes temperaturas para culinária. Composta essencialmente de argila gorda, argila magra, sílica e feldspato.

Lastro: Base ou algo que aguenta peso.

Mufla: Tipo de estufa para altas temperaturas, utilizada principalmente em laboratórios. Estruturalmente não difere dos fornos para cerâmica, tendo a diferença de ser unicamente alimentada electricamente.

Porcelana: É uma pasta branca para alto fogo, apresenta-se impermeável, brilhante detendo também o que não se encontra nas outras pastas, a translucidez. A sua vitrificação permite dotar a porcelana de uma resistência e isenção de porosidade inigualável.

Registo: Acessório que se encontra em local de extração de fumos que tem a capacidade de fechar ou abrir esse orifício consoante a necessidade.

Vidrado: Revestimento vítreo que se funde ao suporte cerâmico através de calor, pode ter uma finalidade decorativa e de impermeabilização. Esta camada pode apresentar-se brilhante ou opaca, branca ou transparente.

BIBLIOGRAFIA

Olsen, L. Frederick (2001). ***The Kiln Book, materials, specifications & construction.*** USA: Krause Publications.

Rhodes, Daniel (1987). ***Hornos para Ceramistas.*** Barcelona, Espanha: Ediciones CEAC, S.A.

Gregory, Ian (1995). ***Construcción de Hornos.*** Barcelona, Espanha: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Sebastian, Luís (2010). ***A Produção Oleira de Faiança em Portugal (Séculos XVI-XVIII).*** Dissertação de Doutoramento em História com especialidade de Arqueologia. Lisboa, Portugal: Universidade Nova de Lisboa.

Sebastian, Luis; Formigo, Filipa (2016). ***A Última Olaria de Faiança de Coimbra.*** Lamego, Portugal: Direção regional de Cultura do Norte/ vale do Varosa.

Zakin, Richard (2004). ***Electric Kilns Ceramics, A Guide to Clays and Glazes,*** 3rd Edition. USA: Krause Publications.

Waal, Edmund De. (2016). ***A Rota Da Porcelana.*** Buenos Aires, Argentina: Editora Intrisseca.

Cardoso, Guilherme; Rodrigues Severino; Sepúlveda, Eurico de; Ribeiro, Inês (2018). ***A Olaria Romana de Lúcio- Morraçal da Ajuda.*** Peniche, Portugal: Câmara Municipal de Peniche.

Fagundes, Arlindo (1997). ***Manual Prático de Introdução à Cerâmica.*** Lisboa, Portugal: Editorial Caminho.

Serra B, João (1991). ***Arte e Indústria na Cerâmica Caldense.*** Caldas da Rainha, Portugal: PH - Estudos e Documentos.

Elam, Kimberly (2011). ***Geometria do Design***. New York, USA: Princeton Architectural Press.

Nova, Nicolas (2014). ***Beyond Design Ethnography – How Designers Practice Ethnographic Research***. França: SHS Publishing.

McColm, J, Ian (2013). ***Dictionary of Ceramic Science and Engineering***. Bradford, UK: Springer.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mufla RODHE TE 200S

Figura 2 - Mufla OLYMPIC 2327G gas kiln

Figura 3 - Fornada em poço aberto. Fonte: Hornos para Ceramistas, Daniel Rodhes

Figura 4 - Soenga (www.artepopularportuguesa.org/cesar-teixeira)

Figura 5 - Forno japonês escavado em monte (imagem retirada do livro: Hornos para Ceramistas de Daniel Rhodes)

Figura 6 - Forno romano, escavado no chão (imagem retirada do livro: A Olaria Romana de Lúcio-Morraçal da Ajuda)

Figura 7 - Esquema de separação das câmaras dentro de um forno

Figura 8 - Circulação superior

Figura 9 - Circulação invertida

Figura 10 - Circulação cruzada

Figura 11 - Forno japonês de camaras pendentes. (imagem retirada do livro: Hornos para Ceramistas de Daniel Rhodes)

Figura 12 - Forno a lenha com chaminé

Figura 13 - Forno de combustão a gás

Figura 14 - Forno eléctrico, L&L EL2424-H

Figura 15 - Forno industrial de vagão, combustão a gás

Figura 16 - Forno para Raku com a enforna a ser feita inferiormente

Figura 17 - Forno de papel (enforna e montagem)

Figura 18 - Forno de papel preparado para a cozedura

- Figura 19** - Bidon para decoração com fumos, furado *em baixo* e aberto em cima
- Figura 20** - Forno em actividade
- Figura 21** - Forno com paredes elevadas do chão
- Figura 22** - Forno em actividade
- Figura 23** - Caixas refratárias
- Figura 24** - Caixa com cerâmica dentro
- Figura 25** - Maquete construída em cartão
- Figura 26** - Colagem da placa rígida em fibra na chapa de aço
- Figura 27** - Colagem de tijolo refratário na chapa de aço
- Figura 28** - Colagem da manta em fibra na chapa de aço
- Figura 29** - Colagem da placa rígida sobreposta com tijolo colados à chapa de aço
- Figura 30** - Colagem de tijolo em cima da manta refratária
- Figura 31** - Desenho técnico da parede de 500x300mm com o orifício.
- Figura 32** - Tampas refratárias para fecho das aberturas dos queimadores
- Figura 33** - Desenho da base sem revestimento refratário à escala de 1/10
- Figura 34** - Desenho técnico da base com as rodas acopladas, escala 1/10
- Figura 35** - Base do forno transportada em veículo ligeiro
- Figura 36** - Corte da placa rígida em fibra
- Figura 37** - Desenho técnico da parede 500X300mm sem revestimento refratário, escala 1/10

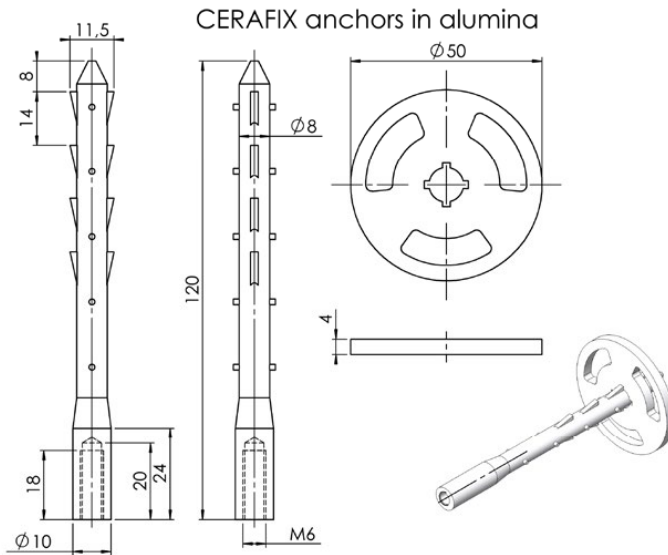
- Figura 38** - Desenho técnico da parede de 500X500mm sem revestimento refratário, escala 1/10
- Figura 39** - Desenhos dos três formatos que constituem os anéis
- Figura 40** - Forno montado sem isolamento térmico
- Figura 41** - Pormenor do corte e colagem da placa em fibra na chapa
- Figura 42** - Anilha e perno cerâmico, desmontado e montado
- Figura 43** - Desenho técnico da parede de 500x300mm com revestimento refratário, escala 1/10
- Figura 44** - Chapa de identificação para encaixe das paredes
- Figura 45** - Desenho técnico da tampa sem revestimento refratário, escala 1/10
- Figura 46** - Pormenor do encaixe da manta na saia da tampa
- Figura 47** - Pormenor do registo dentro das guias
- Figura 48** - Caixa com os acessórios no interior
- Figura 49** - Acessórios a introduzir na caixa itinerante
- Figura 50** - Pormenor da enfora com uma prateleira
- Figura 51** - Forno em actividade
- Figura 52** - Controlador digital usado neste projecto
- Figura 53** - Descrição da leitura do anel de Buller retirado do forno
- Figura 54** - Forno montado para início da cozedura
- Figura 55** - Cunhas acopladas aos ângulos entre as paredes
- Figura 56** - Enfora com o forno montado em pentágono
- Figura 57** - Pormenor do forno com os dois anéis acoplados sem uma parede
- Figura 58** - Nova base com uma dobra metálica vertical superior

- Figura 59** - Corte longitudinal da base com refratário
- Figura 60** - Pormenor da curvatura da chapa de aço
- Figura 61** - Pormenor da falha na sobreposição das paredes no interior do forno
- Figura 62** - Pormenor da enforna com três prateleiras
- Figura 63** - Pormenor do corte do metal a 45° da dobra superior
- Figura 64** - Pormenor da enforna com forno acoplado em pentágono
- Figura 65** - Forno com os dois queimadores em actividade
- Figura 66** - Tijolo maquinado acoplado à tampa pelo exterior
- Figura 67** - Desenho técnico do tijolo maquinado, escala 1/10
- Figura 68** - Pormenor da colocação da placa rígida no interior da tampa
- Figura 69** - Corte longitudinal da tampa com isolamento térmico, escala 1/10
- Figura 70** - Desenho técnico da saia, escala 1/10
- Figura 71** - Desenho técnico da poleia, escala 1/10
- Figura 72** - Bainha fixa à parede
- Figura 73** - Queimador em cima da poleia
- Figura 74** - Desenho técnico de acessório do queimador, escala 1/2
- Figura 75** - Desenho técnico das aberturas efectuadas na prateleira, escala 1/2
- Figura 76** - Gráfico sequencial das cozeduras
- Figura 77** - Peças cerâmicas retiradas da sexta fornada

ANEXOS

Fichas técnicas:

Kit anilha e perno cerâmico



The CERAFIX anchor is suitable for fixing fiber blankets, boards or fibre blocks. The CERAFIX is screwed on a M6 threaded steel stud (AISI 310, AISI 330, inc 601). It can be used in atmospheres where refractory steel fasteners don't resist.

Manta em fibra e placa rígida em fibra



FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

Data de emissão: 24.02.2016

Data da redacção: 24.02.2016

Substitui a ficha: 12.02.2016

Versão: 47.00

SECÇÃO 1: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa

1.1. Identificador do produto

Nome comercial	: FIBERFRAX
Nome	: Aluminossilicato, fibra cerâmica refratária
Nome químico	: Aluminossilicato, fibra cerâmica refratária
Número de índice	: 650-017-00-8
n.º CE	: 604-314-4
n.º CAS	: 142844-00-6
N.º de registo REACH	: 01-2119458050-50-0001
Código do produto	: 400

1.2. Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

1.2.1. Utilizações identificadas relevantes

Especificação do uso profissional/industrial	: Apenas para uso profissional
Utilização da substância ou mistura	: Para utilização industrial em aplicações de alta temperatura

1.2.2. Usos desaconselhados

Pulverização

1.3. Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

Fornecedor
Unifrax Limited
Mill Lane, Rainford
WA11 8LP St Helens, Merseyside - United Kingdom
T + 44 (0) 1744 88 7600 - F + 44 (0) 1744 88 9916
reachsds@unifrax.com

Distribuidor
Unifrax GmbH
Kleinreinsdorf 62
07950 Teichwolframsdorf - Germany
T + 49 (0) 366 24 40020 - F + 49 (0) 366 24 40099

Distribuidor
Unifrax Derby
Shaftsbury Street
DE23 8XA Derby - United Kingdom
T +44 (0) 1332 531808

Distribuidor
Unifrax Italia Srl
Via Volonterio 19
21047 Saronno (VA) - Italy
T +39 02 967 01 908 - F +39 02 962 5721

Endereço eletrónico da pessoa responsável pela ficha de dados de segurança:
reachsds@unifrax.com

Distribuidor
Unifrax France
17 Rue Antoine Durafour
42420 Lorette - France
T +33 (0) 4 7773 7000 - F +33 (0) 4 7773 3991

Distribuidor
Unifrax s.r.o.
Ruská 311, Pozorka
417 03 Dubí 3 - Czech Republic
T +42 (0) 417 800 355 - F +42 (0) 417 539 838
pskvara@unifrax.com

Distribuidor
Unifrax Spain
Cristobal Bordiu 20
28003 Madrid - Spain
T + 34 91 395 2279 - F + 34 91 395 2124

1.4. Número de telefone de emergência

Número de emergência	: Higiene Ocupacional e CUIDADOS: Tel.: + 44 (0) 1744 887603; E-mail: reachsds@unifrax.com ; (8.15-17.10 h); Idioma: inglês/Occupational Hygiene and CARE: Tel: + 44 (0) 1744 887603; E-mail: reachsds@unifrax.com ; (8.15-17.10 h); língua: inglês
----------------------	---

SECÇÃO 2: Identificação dos perigos

2.1. Classificação da substância ou mistura

Classificação de acordo com o regulamento (CE) n.º 1272/2008 [CLP]

Cancerogenicidade (inalação) Categoria 1B H350I

Texto completo das categorias de classificação e das advertências H: consultar a Secção 16

Efeitos adversos decorrentes das propriedades físico-químicas assim como os efeitos adversos para a saúde humana e para o ambiente
Pode provocar uma ligeira irritação na pele. Pode provocar uma ligeira irritação dos olhos. Pode provocar irritação das vias respiratórias.

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

2.2. Elementos do rótulo

Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 [CLP]

Pictogramas de perigo (CLP) :



H350i

Palavra-sinal (CLP) : Perigo
Advertências de perigo (CLP) : H350i - Pode causar cancro por inalação
Recomendações de prudência (CLP) : P202 - Não manuseie o produto antes de ter lido e percebido todas as precauções de segurança
P280 - Usar proteção ocular, luvas de proteção, Proteção respiratória
Frases adicionais : Exclusivamente para utilização por profissionais
Indicado no Anexo VI : Número de índice : 650-017-00-8

2.3. Outros perigos

Esta substância/mistura não preenche os critérios PBT do regulamento REACH, Anexo XIII.

Esta substância/mistura não preenche os critérios mPmB do regulamento REACH, Anexo XIII.

SECÇÃO 3: Composição/informação sobre os componentes

3.1. Substância

Nome	Identificador do produto	%	Classificação de acordo com o regulamento (CE) n.º 1272/2008 [CLP]
Aluminossilicato, fibra cerâmica refratária substância incluída na lista de candidatos REACH (Nota A/Nota R)	(n.º CAS) 142844-00-6 (n.º CE) 024-314-4 (Número de índice) 650-017-00-8 (N.º REACH) 01-2119458050-50-0001	100	Carc. 1B, H350i

Nota A : Sem prejuízo do n.º 2 do artigo 17.º, o nome da substância figurará no rótulo na forma de uma das designações da Parte 3. Na Parte 3 usam-se, por vezes, designações gerais do tipo «compostos de ...» ou «salis de ...». Nesses casos, o fornecedor deve indicar no rótulo a designação correcta, tendo em conta o disposto no ponto 1.1.1.4.

Nota R : A classificação como cancerígeno não é aplicável a fibras de diâmetro geométrico médio, ponderado em função do comprimento, menos dois desvios padrão geométricos, superior a 6 µm.

Textos das frases H: consultar a secção 16.

3.2. Mistura

Não aplicável

SECÇÃO 4: Primeiros socorros

4.1. Descrição das medidas de primeiros socorros

Primeiros socorros em caso de inalação : Colocar a vítima ao ar livre. Em caso de indisposição, consultar um médico.
Primeiros socorros em caso de contacto com a pele : Lavar suavemente com sabonete e água abundantes. Retirar a roupa contaminada e lavá-la antes de a voltar a usar. Se a irritação da pele persistir, consultar um médico.
Primeiros socorros em caso de contacto com os olhos : Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Caso a irritação ocular persista: consulte um médico.
Primeiros socorros em caso de ingestão : Enxaguar a boca. Fazer beber muita água. NÃO provocar o vômito. Consultar urgentemente um médico.

4.2. Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Sintomas/lesões em caso de contacto com a pele : irritação mecânica.
Sintomas/lesões em caso de contacto com os olhos : irritação mecânica.

4.3. Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

Tratamento sintomático.

SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios

5.1. Meios de extinção

Agentes extintores adequados : O produto não é inflamável. Utilizar os meios adequados para combater os incêndios circunvizinhos. Espuma. Pó seco. Dióxido de carbono. Água pulverizada.
Agentes extintores inadequados : Não usar uma corrente de água forte.

24.02.2016

PT (português)

2/9

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

5.2. Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura

Não existe informação adicional disponível

5.3. Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

Instruções para extinção de incêndio : Evitar que as águas usadas para apagar o incêndio contaminem o ambiente.
Proteção durante o combate a incêndios : Não entrar na área em chamas sem equipamento protector adequado, incluindo protecção respiratória.

SECÇÃO 6: Medidas a tomar em caso de fugas acidentais

6.1. Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência

6.1.1. Para o pessoal não envolvido na resposta à emergência

Equipamento de protecção : Ver rubrica 8 no que diz respeito às protecções individuais a utilizar.
Planos de emergência : Interditar às pessoas não autorizadas.

6.1.2. Para o pessoal responsável pela resposta à emergência

Equipamento de protecção : Garantir ventilação adequada. Ver rubrica 8 no que diz respeito às protecções individuais a utilizar.
Planos de emergência : Certificar-se de que os operadores possuem formação para minimizar as exposições.

6.2. Precauções a nível ambiental

Evitar a entrada nos esgotos e nas águas potáveis. Avisar as autoridades se o produto penetrar nos esgotos ou nas águas do domínio público.

6.3. Métodos e materiais de confinamento e limpeza

Procedimentos de limpeza : Apanhar mecanicamente o produto. Reduzir ao mínimo a formação de poeiras. Filtro de partículas de alta eficiência (filtro HEPA).

6.4. Remissão para outras secções

Consultar a rubrica 7. Consultar a rubrica 8. Consultar a rubrica 13.

SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem

7.1. Precauções para um manuseamento seguro

Precauções para um manuseamento seguro : Evitar o contacto com a pele e com os olhos. Usar o equipamento de protecção individual exigido. Pedir instruções específicas antes da utilização. Não comer, beber ou fumar durante a utilização deste produto. Limpar bem as superfícies contaminadas. Assegurar uma boa ventilação do local de trabalho.
Medidas de higiene : Lavar as mãos e outras áreas expostas com água e sabão suave antes de comer, beber, fumar e quando sair do trabalho.

7.2. Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades

Condições de armazenamento : Conservar o produto unicamente na embalagem de origem. Armazenar hermeticamente fechado em lugar seco e fresco.
Proibição de armazenamento conjunto : Conservar longe dos alimentos e das bebidas, incluindo os destinados a animais.

7.3. Utilizações finais específicas

Exclusivamente para utilização por profissionais. Consultar a rubrica 8. Cenários de exposição.

SECÇÃO 8: Controlo da exposição/protecção individual

8.1. Parâmetros de controlo

Aluminossilicato, fibra cerâmica refratária (142844-00-6)

Portugal	Procedimentos de monitorização recomendados Método da OMS-EURO. Método recomendado para a determinação da concentração do número de fibras em suspensão na atmosfera por microscopia ótica de contraste de fase (método de filtro de membrana); Organização Mundial de Saúde, Genebra 1997 ISBN 92 4 154496 1
----------	--

Aluminossilicato, fibra cerâmica refratária (142844-00-6)

DNEL/DMEL (informações adicionais)	
a longo prazo - local effect, inalação	2,17 f/ml

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

Indicações suplementares

: O DNEL (nível derivado de exposição sem efeitos) citado na anterior secção de exposição a longo prazo baseia-se na incidência de tumores pulmonares (não significativa em todos os níveis de tratamento) determinado no âmbito de um estudo multilíngue realizado em ratos de Mast et al. (Inhalation Toxicology, 1995, 7(4), 469-502), que demonstra um NOAEL (nível sem efeitos adversos observados) de 162 f/mi e conduz ao DNEL calculado específico do parâmetro de 2,17 f/mi.

O SCOEL (comité científico em matéria de limites de exposição ocupacional a agentes químicos) recomendou um OEL (limite de exposição ocupacional) para RCF (fibra cerâmica refratária) de 0,3 f/mi, com base na função pulmonar medida em trabalhadores expostos. Presumindo uma exposição de 45 anos, as exposições médias acumuladas de 147,9 (todos os trabalhadores no grupo de exposição elevada) e 184,8 f/mi (trabalhadores com mais de 60 anos de idade no grupo de exposição elevada) - equivalente a concentrações médias de fibra de 0,27 e 0,34 f/mi respetivamente - foram consideradas como níveis sem efeitos adversos observados para a função pulmonar, tendo o SCOEL proposto, desse modo, um OEL de 0,3 f/mi. Este é consideravelmente inferior ao valor de DNEL calculado.

8.2. Controlo da exposição

Proteção das mãos

: Luvas de proteção em cabedal

Proteção ocular

: Óculos de segurança com proteções laterais

Proteção do corpo e da pele

: Roupas estanques. Não levar para casa roupas de trabalho

Proteção respiratória

: Em caso de formação de poeiras: Usar uma máscara apropriada. (FFP3)



FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

Outras informações

- Não comer, beber ou fumar durante a utilização. Não levar para casa roupas de trabalho. Separar o vestuário de trabalho do vestuário de uso habitual. A sua limpeza deve ser feita separadamente.

Utilizações e Medidas de Gestão do Risco (RMM)

Utilização a que se destina

Utilização secundária – Conversão em misturas e artigos secos e molhados.

O processo deverá incluir: operações de formação de mistura, manuseamento de produtos com RCF/ASW (fibra cerâmica refratária/lã de silicato de alumínio), montagem de produtos contendo RCF/ASW, fabrico à máquina e acabamento manual de produtos com RCF/ASW.

Referência ES 2°

RMM - Hierarquia de Controlos

- Sempre que for praticável, alimentar automaticamente a RCF/ASW no processo
- Sempre que for praticável fazê-lo, separar o processamento seco e molhado
- Delimitar o processo, sempre que for possível.
- Sempre que for praticável fazê-lo, separar áreas de máquinas e restringir o acesso aos operadores envolvidos no processo.
- Cercar as máquinas, na medida do possível.
- Instalar LEV (ventilação local), sempre que for possível, ao realizar acabamentos à máquina, manuseamento, compressão e corte à mão, para eliminar o pó na fonte
- Recorrer a pessoal experiente – com formação na utilização correta de produtos fibrosos
- Utilizar EPI (equipamentos de proteção individual) e EPR (equipamentos de proteção respiratória) em todas as tarefas com poeiras
- Disponibilizar ponto de ligação de aspirador ao sistema central, sempre que for viável, ou utilizar um aspirador portátil com HEPA
- Limpeza regular – utilizar uma unidade de depuração por via húmida, sempre que possível, devendo ser utilizado, geralmente, um aspirador HEPA.
- Deverá ser proibida a escovagem a seco e a utilização de ar comprimido
- Os materiais residuais devem ser embalados na fonte, etiquetados e armazenados em separado para eliminação ou reciclagem.

Utilização a que se destina

Utilização terciária - manutenção e vida útil (utilização industrial ou profissional)

Processo: reparações em pequena escala envolvendo a remoção e instalação de produtos com RCF/ASW. Utilização do produto num sistema fechado, em que existe um acesso ocasional para controlo ou nenhum acesso.

Referência ES 3°

RMM - Hierarquia de Controlos

- Utilizar peças pré-cortadas e pré-dimensionadas, sempre que possível.
- Permitir o acesso apenas a operadores com formação (autorizados)
- Sempre que possível, realizar todos os cortes manuais numa área separada, num banco coletor.
- Limpar a área de trabalho regularmente durante o turno utilizando um aspirador equipado com HEPA.
- Proibir a utilização de escovagem a seco e a limpeza com ar comprimido.
- Ensaacar e selar os resíduos imediatamente na fonte.
- Utilizar EPI e EPR apropriados para a tarefa.
- Empregar boas práticas de higiene.

Utilização a que se destina

Utilização terciária - instalação e remoção (industrial ou profissional).

Remoção e instalação em grande escala de RCF/ASW de processos industriais.

Remoção e instalação em grande escala por profissionais.

Referência ES 4°

RMM - Hierarquia de Controlos

- Sempre que possível, delimitar ou separar a área de trabalho.
- Aceder apenas pessoal autorizado
- Isolamento pré-molhado antes da remoção, sempre que possível.
- Sempre que possível, utilizar uma tampa de água para remoção ou um camião de aspiração.
- Utilizar um banco coletor para produtos de corte manual.
- Cobrir a secção de pré-corte durante o transporte e armazenamento para evitar a exposição secundária.
- Sempre que possível, disponibilizar mangueiras de aspiração múltiplas para uma limpeza adequada de derramamentos ou utilizar aspiradores com filtros HEPA.
- Ensaacar materiais residuais imediatamente na fonte
- Proibir a utilização de escovagem a seco e/ou limpeza com ar comprimido.
- Recorrer apenas a pessoal experiente
- Utilizar EPI e EPR apropriados para as concentrações previstas.

SECÇÃO 9: Propriedades físicas e químicas

9.1. Informações sobre propriedades físicas e químicas de base

Forma	: Sólido
Aparência	: Fibras.
Cor	: branco.

24.02.2016

PT (português)

6/9

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

Cheiro	: inodoro.
Limiar olfativo	: Não existem dados disponíveis
pH	: Não existem dados disponíveis
Velocidade de evaporação (acetato de butilo=1)	: Não existem dados disponíveis
Ponto de fusão	: > 1650 °C Fibras
Ponto de solidificação	: Não existem dados disponíveis
Ponto de ebulição	: Não existem dados disponíveis
Ponto de inflamação	: Não aplicável
Temperatura de combustão espontânea	: Não existem dados disponíveis
Temperatura de decomposição	: Não existem dados disponíveis
Inflamabilidade (sólido, gás)	: Não existem dados disponíveis
Pressão de vapor	: Não existem dados disponíveis
Densidade relativa de vapor a 20 °C	: Não existem dados disponíveis
Densidade relativa	: Não existem dados disponíveis
Solubilidade	: Água: < 1 mg/l
Log Pow	: Não existem dados disponíveis
Viscosidade, cinemática	: Não aplicável
Viscosidade, dinâmica	: Não aplicável
Propriedades explosivas	: Não existem dados disponíveis
Propriedades combustíveis	: Não existem dados disponíveis
Limites de explosão	: Não existem dados disponíveis

9.2. Outras informações

Outras propriedades : Diâmetro geométrico médio ponderado em função do comprimento das fibras presentes no produto: 1,4-3 µm.

SECÇÃO 10: Estabilidade e reactividade

10.1. Reactividade

Estável sob condições normais de uso.

10.2. Estabilidade química

O produto é estável em condições de manuseamento e armazenagem normais.

10.3. Possibilidade de reacções perigosas

Não são conhecidas reacções perigosas.

10.4. Condições a evitar

Não existe informação adicional disponível.

10.5. Materiais incompatíveis

Nenhum.

10.6. Produtos de decomposição perigosos

Em condições normais de armazenamento e utilização, não deverá ser formado qualquer produto de decomposição perigoso.

SECÇÃO 11: Informação toxicológica

11.1. Informações sobre os efeitos toxicológicos

Toxicidade aguda	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Corrosão/irritação cutânea	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Lesões oculares graves/irritação ocular	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Sensibilização respiratória ou cutânea	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Mutagenicidade em células germinativas	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Carcinogenicidade	: Pode causar cancro por inalação.

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

Indicações suplementares	: Método: inalação nasal apenas. Espécie multidoso: Rato, dose: 3 mg/m ³ , 9 mg/m ³ e 16 mg/m ³ para 24 meses Resultados: mínimo para fibrose pulmonar ligeira a 9mg/m ³ e 16 mg/m ³ . Nenhuma evidência de tumores pulmonares relacionados com RCF em "qualquer destas doses". Método: inalação nasal apenas. Espécie de dose única: Rato, dose: 30 mg/m ³ . Resultados: este estudo foi concebido para testar a toxicidade crónica e a carcinogenicidade da RCF em exposições extremas. A incidência de tumores (incluindo mesotelioma) aumentou com este nível de dose. A presença de condições de sobrecarga (deletadas apenas depois de a experiência ter sido concluída), em que a dose ministrada ultrapassou a capacidade de depuração do pulmão, torna difícil retirar conclusões significativas em termos de avaliação de perigo e risco
Toxicidade reprodutiva	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) - exposição única	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) - exposição repetida	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Perigo de aspiração	: Não classificado (Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos)
Outras informações	: Toxicocinética básica A exposição regista-se essencialmente por inalação ou ingestão. Não se verificou a migração de fibras vitreas artificiais de tamanho similar às RCF/ASW do pulmão e/ou intestino nem o seu alojamento noutras partes do corpo. Quando comparadas com muitos minerais de ocorrência natural, as RCF/ASW têm uma baixa capacidade para persistir e acumular-se no corpo (a semivida de fibras longas (> 20 µm) em teste de inalação de 3 semanas com ratos é aproximadamente de 60 dias). Dados toxicológicos humanos Para determinar possíveis efeitos para a saúde humana após exposição a RCF, a Universidade de Cincinnati realizou estudos de vigilância médica em trabalhadores expostos a RCF nos EUA. O IOM (Instituto de Medicina Ocupacional) realizou estudos de vigilância médica em trabalhadores expostos a RCF em instalações industriais europeias. Os estudos de morbilidade por doença pulmonar entre operários na Europa e nos EUA demonstraram uma ausência de fibrose intersticial e não foi observada qualquer perda na função pulmonar no estudo longitudinal com exposição a RCF. No estudo longitudinal dos EUA focou demonstrada uma correlação estatisticamente significativa entre placas pleurais e exposição a RCF acumulada. O estudo de mortalidade dos EUA não revelou provas de desenvolvimento acrescido de tumor pulmonar tanto no parénquima pulmonar como na pleura. Propriedades Irritantes Foram obtidos resultados negativos em estudos com animais (método B 4 da UE) para irritação cutânea. As exposições por inalação usando o nariz como única via produzem simultaneamente exposições muito acentuadas para os olhos, mas não existem relatos de irritação ocular excessiva. Os animais expostos por inalação não mostram, simultaneamente, qualquer evidência de irritação do trato respiratório. Os dados humanos confirmam que apenas a irritação mecânica, originando comichão, ocorre nos humanos. Triagens realizadas em instalações fabris no Reino Unido não revelaram quaisquer situações de doenças da pele relacionadas com exposição a fibras.

SECÇÃO 12: Informação ecológica

12.1. Toxicidade

Ecologia - geral

: O produto não é considerado nocivo para os organismos aquáticos nem causa efeitos adversos a longo prazo no ambiente.

12.2. Persistência e degradabilidade

Não existe informação adicional disponível

12.3. Potencial de bioacumulação

Não existe informação adicional disponível

12.4. Mobilidade no solo

Não existe informação adicional disponível

12.5. Resultados da avaliação PBT e mPmB

Aluminossilicato, fibra cerâmica refratária (142844-00-6)

Esta substância/mistura não preenche os critérios PBT do regulamento REACH, Anexo XIII.

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

SECÇÃO 16: Outras informações

Indicações de mudanças:

8.2	Luvas	Modificado
-----	-------	------------

Abreviaturas e acrónimos:

ADN	Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Via Navegável Interior
ADR	Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada
CLP	Regulamento (CE) n.º 1272/2008 relativo à Classificação, Rotulagem e Embalagem
DNEL	Nível derivado de exposição sem efeito
IATA	Associação Internacional de Transporte Aéreo
IMDG	Internacional Maritime Dangerous Goods (Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas)
REACH	Regulamento (CE) n.º 1907/2006 relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos
RID	Regulamento relativo ao Transporte Internacional Ferroviário de Mercadorias Perigosas
PBT	Substância Persistente, Bioacumulável e Tóxica
mPmB	Muito Persistente e muito Bioacumulável

Fontes de dados : REGULAMENTO (CE) N.º 1272/2008 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de Dezembro de 2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Directivas 67/548/CEE e 1999/45/CE, e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006.

Outras informações : Occupational Hygiene: dawn.webster@unifrax.com.

Texto integral das frases H e EUH:

Carc. 1B	Cancerogenicidade (inalação) Categoria 1B
H350i	Pode causar cancro por inalação

KFT SDS EU

Esta informação é baseada em nosso conhecimento atual e pretendida descrever o produto para as finalidades de saúde, de segurança e de exigências ambientais somente. Não se deve consequentemente interpretar como garantir nenhuma propriedade específica do produto

FIBERFRAX

Ficha de dados de segurança

conforme Regulamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH)

SECÇÃO 16: Outras informações

Indicações de mudanças:

8.2	Luvas	Modificado	
-----	-------	------------	--

Abreviaturas e acrónimos:

ADN	Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Via Navegável Interior
ADR	Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada
CLP	Regulamento (CE) n.º 1272/2008 relativo à Classificação, Rotulagem e Embalagem
DNEL	Nível derivado de exposição sem efeito
IATA	Associação Internacional de Transporte Aéreo
IMDG	Internacional Maritime Dangerous Goods (Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas)
REACH	Regulamento (CE) n.º 1907/2006 relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos
RID	Regulamento relativo ao Transporte Internacional Ferroviário de Mercadorias Perigosas
PBT	Substância Persistente, Bioacumulável e Tóxica
mPmB	Muito Persistente e muito Bioacumulável

Fontes de dados : REGULAMENTO (CE) N.º 1272/2006 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de Dezembro de 2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Directivas 67/548/CEE e 1999/45/CE, e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006.

Outras informações : Occupational Hygiene: dawn.webster@unifrax.com.

Texto integral das frases H e EUH:

Carc. 1B	Cancerogenicidade (inalação) Categoria 1B
H350i	Pode causar cancro por inalação

KFT SDS EU

Esta informação é baseada em nosso conhecimento atual e pretende descrever o produto para as finalidades da saúde, de segurança e de exigências ambientais acentuadas. Não se deve consequentemente interpretar como garantir nenhuma propriedade específica do produto

Tijolo ligeiro refratário



Material Safety Data Sheet

Prepared in compliance with OSHA 29 CFR 1910.1200, ANSI Z400.1 and WHMIS regulations

SECTION 1 PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Trade Name	BNZ[®] Insulating Fire Brick (All Grades)	MSDS No.	BNZ 10-101
Synonym(s)	Insulating fire brick (IFB)	Revision No.	02
Product Use	Refractory linings; back-up insulation	Issue Date	June 11, 2012
Manufacturer	BNZ Materials, Inc. 6901 S. Pierce St, Suite 260 Littleton, CO 80128 U.S.A.	<u>For Chemical Spills and 24-hr. Emergency Information</u>	
Telephone No.	1-800-999-0890	CHEMTREC	1-800-424-9300
		Outside the US Call	1-703-741-5500

SECTION 2 COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical Name	CAS No.	Conc. (%)	ACGIH-TLV	OSHA-PEL
Ceramic matrix	Proprietary	60 - 98	3 mg/m ³	5 mg/m ³
Crystalline silica (quartz)	14808-60-7	0.1 - 20	0.025 mg/m ³	10 mg/m ³ /(%SiO ₂ +2)
Crystalline silica (cristobalite)	14464-46-1	0 - 20	0.025 mg/m ³	5 mg/m ³ /(%SiO ₂ +2)

Notes: (1) TLV and PEL values are 8-hour time-weighted averages for respirable dust, unless otherwise specified. (2) * = total dust

SECTION 3 HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW

Contains crystalline silica, a chronic health hazard by inhalation. Prolonged exposure to crystalline silica dust may cause permanent and irreversible lung damage, including silicosis, and increased risk of lung cancer, kidney and liver damage. Silicosis is a rapidly progressive, non-cancerous lung disease that is often fatal. Symptoms include shortness of breath, cough, fever, weight-loss and chest pain.

Crystalline silica, inhaled in the form of quartz and/or cristobalite, has been classified as a known human carcinogen (Group 1) by the International Agency for Research on Cancer (IARC), and as a suspected human carcinogen (Group 2A) by the Association of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

NFPA Rating	Health 1	Fire 0	Reactivity 0	Special Hazard 0
HMIS Rating	Health 2	Fire 0	Reactivity 0	PPE Code E
Hazard Category	Acute (Immediate) Health Hazard; Chronic (Delayed) Health Hazard			

Routes of Entry Lungs and respiratory system via respirable dust (inhalation), and eyes via coarse dust and particulates.

Target Organs Lungs, respiratory system, and eyes.

SECTION 3 HAZARDS IDENTIFICATION**Signs and Symptoms of Overexposure**

Inhalation	Respirable airborne particulates may cause transitory irritation to the lungs and upper respiratory system. Symptoms of overexposure may include shortness of breath, coughing and chest pain.
Skin Contact	Long-term exposure to product dust may cause dryness and/or irritation.
Eye Contact	Product dust is a mechanical irritant which may cause moderate to severe eye irritation and dryness.
Ingestion	Non-hazardous when ingested. May cause mild irritation to the gastro-intestinal (GI) tract and mouth if excessive quantities are ingested.
Medical Conditions Aggravated by Exposure	Medical conditions aggravated by exposure to this product include dry skin, dermatitis, and pre-existing chronic upper respiratory and lung diseases (i.e., bronchitis, emphysema and asthma). Cigarette smoking may increase the risk of silicosis, bronchitis, pneumoconiosis and lung cancer in persons exposed to crystalline silica.

SECTION 4 FIRST AID MEASURES

Inhalation	Remove to fresh air. Drink plenty of water, and blow nose to evacuate remaining dust. If coughing and irritation develop seek medical attention.
Eye Contact	Flush with large amounts of water until irritation subsides, at least 15 minutes. Seek medical attention if irritation persists.
Skin Contact	Perform normal, good hygiene practices. Wash with mild soap and warm water after each exposure.
Ingestion	Emergency first-aid procedures are not normally required following ingestion. However, this product may cause temporary irritation to the gastro-intestinal (GI) tract and mouth if excessive quantities are ingested.

SECTION 5 FIRE FIGHTING MEASURES**Flammable Properties and Explosive Limits**

Flash Point	Non-flammable.	Upper Flam. Limit	Not applicable.
Autoignition	Not applicable.	Lower Flam. Limit	Not applicable.

Extinguishing Media Dry chemical, carbon dioxide (CO₂), water fog, or foam.

Fire and Explosion Hazard This product is non-flammable and does not pose a significant fire or explosion hazard.

Hazardous Products of Combustion During initial exposure to service temperatures, smoke may be emitted which can cause transitory irritation to the lungs and upper respiratory system.

Special Firefighting Equipment No special firefighting equipment is necessary. Use extinguishing media appropriate for the surrounding fire. Firefighters should wear protective clothing and use a self-contained breathing apparatus (SCBA).

SECTION 6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal Precautions	If dusty conditions exist (i.e., during cutting, sanding or milling), wear a NIOSH-approved dust mask, such as the 3M 8511 N-95 or equivalent.
Environmental Precautions	Environmental precautions are not normally required. This product does not pose a significant threat to the environment.
Clean-Up Procedures	Before clean-up, wet down dust and debris with a fine water spray to suppress airborne particulates. Pick up, shovel or sweep material into an approved waste disposal container. Use equipment fitted with a high-efficiency particulate (HEPA) filter to vacuum clean dust.

SECTION 7 HANDLING AND STORAGE

Handling Precautions	Bricks do not present a hazard in their intact state. Assure proper respiratory protection during cutting, milling or sanding, or if the dust potential exceeds the established TLV/PEL. Refer to Exposure Controls and Personal Protection in Section 8 for further information.
Storage Requirements	Store in a cool, dry, well ventilated area away from food and beverages. Keep away from reactive materials and always separate materials by hazard class. Refer to Stability and Reactivity in Section 10 for incompatibility information and conditions to avoid.

SECTION 8 EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTION

Engineering Controls	Maintain sufficient mechanical or natural ventilation to assure dust concentrations remain below the established TLV/PEL. Use local exhaust if necessary. Power equipment used during cutting, sanding or milling should be fitted with a properly designed dust collection device.
Respiratory Protection	Wear a NIOSH-approved dust mask (i.e., 3M 8511 N-95 or equivalent) to limit exposure to product dust. Respiratory selection should be based on the level of exposure as measured by dust sampling. Concentrations that exceed the recommended dust mask limits may require a higher level of protection, such as a half-mask respirator with appropriate dust filters.



Eye Protection	Wear safety glasses with side shields, goggles or face-shield when cutting, milling or sanding to protect eyes from dust and airborne particulates. Selection and use of eye protection should comply with ANSI Z87.1-1-1989 and applicable OSHA standards.
-----------------------	---



Skin Protection	Under normal conditions, protective gloves and a clean body covering are sufficient. Direct skin contact with dust and debris can be further minimized by wearing long-sleeved shirts and long trousers.
------------------------	--



SECTION 9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical Form	Solid blocks of various size	Odor	No characteristic odor
Color	Off-white to gray	Odor Threshold	Not available.
Specific Gravity	1.5 – 1.7	pH	Not available.
Boiling Point	Not available.	Density @ 68° F (20° C)	Not available.
Melting Point	> 2300° F (1260° C)	Vapor Pressure	Not available.
Evaporation Rate	Not available.	% Volatile by Vol. / Wt.	Not available.
Solubility in Water	Insoluble	Viscosity	Not available.

SECTION 10 STABILITY AND REACTIVITY

Stability	This product is stable under normal conditions of use.
Incompatibility	Crystalline silica is incompatible with hydrofluoric acid, fluorine, chloride trifluoride and oxygen difluoride.
Conditions to Avoid	Avoid strong acids and ammonium salts. Contact with powerful oxidizing agents (i.e., fluorine, chlorine trifluoride) may present a fire hazard.
Hazardous Polymerization	Hazardous polymerization will not occur.
Hazardous Products of Decomposition	Crystalline silica will dissolve in hydrofluoric acid and produce silicon tetrafluoride, a corrosive gas.

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

Toxicological Hazards	This product contains crystalline silica. Long-term overexposure to respirable crystalline silica may cause permanent and irreversible lung damage, including silicosis, and increase the risk of lung cancer, kidney and liver damage. Silicosis is a rapidly progressive, non-cancerous lung disease that is often fatal.
Carcinogenicity	Crystalline silica, inhaled in the form of quartz and/or cristobalite, has been classified as a known human carcinogen (Group 1) by the International Agency for Research on Cancer (IARC), and as a suspected human carcinogen (Group 2A) by the Association of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).
Sensitization	This product is not considered a sensitization hazard.
Teratogenic Effects	This product is not considered a teratogenic hazard.
Mutagenic Effects	This product is not considered a mutagenic hazard.
Reproductive System Toxicity	This product is not considered hazardous. Reproductive system effects are not expected to occur.

SECTION 12 ECOLOGICAL INFORMATION

Ecotoxicity	Unless contaminated in service, this product is not considered hazardous to aquatic life.
--------------------	---

SECTION 12 ECOLOGICAL INFORMATION**BOD5 / COD** No additional information is available.**Products of Biodegradation** No additional information is available.**SECTION 13 DISPOSAL CONSIDERATIONS****Disposal Method** May be disposed in an approved landfill in accordance with local, state and federal regulations. If this product has become contaminated in service, place in an approved hazardous waste container. Seal and properly label the container, and send to a Transportation, Storage and Disposal (TSD) facility via an approved waste hauler.**SECTION 14 TRANSPORTATION INFORMATION****U.S. Department of Transportation (DOT)****Shipping Name** Not a U.S. Department of Transportation (DOT) controlled substance.**Hazard Class** Not applicable. **UN/NA Number** Not applicable.**Label / Placard** Not applicable. **Packing Group** Not applicable.**Special Provisions** This product does not require special transport provisions.**SECTION 15 REGULATORY INFORMATION****TSCA Inventory** All ingredients are listed on the Toxic Substances Control Act (TSCA) inventory.**California Proposition 65** This product contains the following substances known to the State of California to cause cancer: Crystalline silica**State RTK Lists** Crystalline silica (quartz), (CAS No.: 14808-60-7): MA, MN, NJ, PA, RI
Crystalline silica (cristobalite), (CAS No.: 14464-46-1): MA, MN, NJ, PA, RI**CERCLA Reportable Quantity (RQ)** Does not contain any hazardous substances in excess of the CERCLA de minimis reportable quantity.**Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) Title III****Section 302 / 304** This product does not contain any Extremely Hazardous Substances (EHS) as defined and listed under SARA Title III, Sections 302 and 304.**Section 311 / 312** This product meets the following EPA Hazard Categories as defined and listed under SARA Title III, Sections 311 and 312:

<u>Acute Hazard</u>	Yes
<u>Chronic Hazard</u>	Yes
<u>Fire Hazard</u>	No
<u>Reactivity Hazard</u>	No
<u>Pressure Hazard</u>	No

Section 313 This product does not contain any substances subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 313.

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION**Other Regulatory Classifications**

DSL (Canada) All ingredients are listed, or exempt from inclusion, on the Canadian Domestic Substances List (DSL).

WHMIS (Canada) Class D-2A: Material causing other toxic effects. Very Toxic – Chronic



This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the CPR and the MSDS contains all of the information required by the CPR.

SECTION 16 OTHER INFORMATION

Reason for Issue	WHMIS update	Issue Date	June 11, 2012
Prepared By	Compliance Consulting Group (CCG) EH&S Services for BNZ Materials, Inc.	Supersedes Date	July 15, 2008
Revision History	June 11, 2012:	WHMIS CPR compliance statement added to Section 15; new categories added to Section 11; Emergency overview text modified; ACGIH-TLV for crystalline silica changed to 0.025 mg/m ³ .	
	July 15, 2008:	WHMIS update; format revision; MSDS numbering convention.	

DISCLAIMER

BNZ Materials, Inc. (BNZ) believes the information contained in this Materials Safety Data Sheet (MSDS) to be accurate and reliable as of the date of issue, and is provided in good faith as a service to our customers and to comply with applicable Federal and State laws. This document is intended as a guide for the safe handling, storage and use of this material under normal conditions of use. No representation, warranty or guarantee, either express or implied, is intended or given. BNZ does not accept liability for any loss, injury or damage resulting from the use of this product.

Pastas cerâmicas



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.

comercial@pastceram.com
(+351) 262 540 080
Zona Industrial Casal da Areia, Lote
38/39 2460-392 CÓS - ALCOBÇA
PORTUGAL

FICHA TÉCNICA
TECHNICAL DATA SHEET
FICHE TECHNIQUE

DATA | DATE | DATE 13/05/2022

PRODUTO **BARBOTINA CALCÍCIA VERMELHA**

PRODUCT | PRODUIT **RED EARTHENWARE SLIP** | FAÏENCE CALCAIRE ROUGE

APRESENTAÇÃO **PASTA DE ENCHIMENTO**

PRESENTATION | PRÉSENTATION **CASTING SLIP** | PÂTE DE COULAGE

DESIGNAÇÃO **BARBOTINA VERMELHA**
DESIGNATION | DESIGNATION

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | PHYSICAL PROPERTIES | PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

RESISTÊNCIA MECÂNICA EM SECO DRY BENDING STRENGTH RÉSISTANCE SÈC	65±10	Kgf/cm ²
RESISTÊNCIA MECÂNICA EM COZIDO FIRED BENDING STRENGTH RÉSISTANCE MÉCANIQUE APRÈS CUISSON	330±50	Kgf/cm ²
RETRACÇÃO VERDE - SECO DRYING SHRINKAGE RÉTRACTION À CRUE - SÈC	4,5±0,5	%
RETRACÇÃO SECO - COZIDO FIRING SHRINKAGE RÉTRACTION À CUIT	0,5±0,5	%
RETRACÇÃO TOTAL TOTAL RETRACTION RÉTRACTION TOTAL	5,0±1,0	%
ABSORÇÃO DE ÁGUA WATER ABSORPTION ABSORPTION D'EAU	12,0±1,0	%
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA CÚBICA (AT20-400 °C) THERMAL EXPANSION COEFFICIENT COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE	(205 ± 5) x 10 ⁻⁷	°C ⁻¹
PERDA AO FOGO LOSS TO FIRE PERTE AU FEU	7,0±1,0	%

COR | COLOUR | COULEUR **VERMELHO** **RED** **ROUGE**

NOTES: A TEMPERATURA DE COZEDURA UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DOS RESULTADOS ACIMA MENCIONADOS FOI 1000 °C (±10 °C)

NOTES: THE FIRING TEMPERATURE USED TO OBTAIN THE ABOVE RESULTS WAS 1000 °C (±10 °C).

NOTES: LA TEMPÉRATURE DE CUISSON UTILISÉE POUR OBTENIR LES RÉSULTATS CI-DESSUS ÉTAIT DE 1000 °C (±10 °C).

TEMPERATURAS DE COZEDURAS
ACONSELHADAS

CHACOTA

VIDRADO COZIDO

BISCUIT | BISCUIT

FIRING | ÉMAIL - CUISSON

RECOMMENDED FIRING
TEMPERATURES

980 °C (±20 °C)

1000 °C (±10 °C)

TEMPÉRATURE DE CUISSON
CONSEILLÉE

*TER EM CONTA AS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VIDRADO UTILIZADO.

*PLEASE TAKE INTO CONSIDERATION THE TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE GLAZES.

*VEUILLEZ PRENDRE EN CONSIDÉRATION LES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES ÉMAUX UTILISÉS.



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.
pastceram.com

graffito.
graffitostore.com

RJC
rjcsa.com

PASTCERAM
GROUP



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.

comercial@pastceram.com
(+351) 262 540 080
Zona Industrial Casal da Areia, Lote
38/39 2460-392 CÓS - ALCOBAÇA
PORTUGAL

FICHA TÉCNICA
TECHNICAL DATA SHEET
FICHE TECHNIQUE

DATA | DATE | DATE 25/06/2021

PRODUTO **FAIANÇA CALCÍFICA**
PRODUCT | PRODUIT **EARTHENWARE** | FAÏENCE CALCAIRE
APRESENTAÇÃO **PASTA DE ENCHIMENTO**
PRESENTATION | PRÉSENTATION **CASTING SLIP** | PÂTE DE COULAGE
DESIGNAÇÃO **BARBOTINA A**
DESIGNATION | DESIGNATION

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | PHYSICAL PROPERTIES | PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

RESISTÊNCIA MECÂNICA EM SECO			
DRY BENDING STRENGTH RÉSISTANCE SÈC	60±10	Kgf/cm ²	
RESISTÊNCIA MECÂNICA EM COZIDO			
FIRED BENDING STRENGTH RÉSISTENCE MÉCANIQUE APRÈS CUISSON	365±50	Kgf/cm ²	
RETRACÇÃO VERDE - SECO			
DRYING SHRINKAGE RÉTRACTION À CRUE - SÈC	3.5 ±1.0	%	
RETRACÇÃO SECO - COZIDO			
FIRING SHRINKAGE RÉTRACTION À CUIT	0.5 ±0.5	%	
RETRACÇÃO TOTAL			
TOTAL RETRACTION RÉTRACTION TOTAL	4.0 ±1.0	%	
ABSORÇÃO DE ÁGUA			
WATER ABSORPTION ABSORPTION D'EAU	16.0 ±1.0	%	
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA CÚBICA (ΔT20-400°C)	(195 ± 5) × 10 ⁻⁷	°C ⁻¹	
THERMAL EXPANSION COEFFICIENT COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE			
PERDA AO FOGO			
LOSS TO FIRE PERTE AU FEU	11.5 ±1.0	%	
COR COLOUR COULEUR	BRANCO	WHITE	BLANC

NOTAS: A TEMPERATURA DE COZEDURA UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DOS RESULTADOS ACIMA MENCIONADOS FOI 1040 °C (±10 °C)

NOTES: THE FIRING TEMPERATURE USED TO OBTAIN THE ABOVE RESULTS WAS 1040 °C (±10 °C).

NOTES: LA TEMPÉRATURE DE CUISSON UTILISÉE POUR OBTENIR LES RÉSULTATS CI-DESSUS ÉTAIT DE 1040 °C (±10 °C).

TEMPERATURAS DE COZEDURAS
ACONSELHADAS

CHACOTA
BISCUIT | BISCUIT

VIDRADO COZIDO
FIRING | ÉMAIL - CUISSON

RECOMMENDED FIRING
TEMPERATURES

1040 °C (±10 °C)

1000 °C (±10 °C)

TEMPÉRATURE DE CUISSON
CONSEILLÉE

*TER EM CONTA AS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VIDRADO UTILIZADO.

*PLEASE TAKE INTO CONSIDERATION THE TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE GLAZES.

*VEUILLEZ PRENDRE EN CONSIDÉRATION LES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES ÉMAUX UTILISÉS.



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.

pastceram.com

graffito

grafito.com



rjc.com

PASTCERAM

GROUP



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.

comercial@pastceram.com
(+351) 262 540 080
Zona Industrial Casal da Areia, Lote
38/39 2460-392 CÓS - ALCOBAÇA
PORTUGAL

FICHA TÉCNICA
TECHNICAL DATA SHEET
FICHE TECHNIQUE

DATA | DATE | DATE **25/06/2021**

PRODUTO GRÉS
PRODUCT | PRODUIT **STONEWARE** | GRÉS
APRESENTAÇÃO PASTA DE ENCHIMENTO
PRESENTATION | PRÉSENTATION **CASTING SLIP** | PÂTE DE COULAGE
DESIGNAÇÃO BARBOTINA GRÉS
DESIGNATION | DESIGNATION

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | PHYSICAL PROPERTIES | PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

RESISTÊNCIA MECÂNICA EM SECO	60±10	Kgf/cm ²
DRY BENDING STRENGTH RÉSISTANCE SÈC		
RESISTÊNCIA MECÂNICA EM COZIDO	735±50	Kgf/cm ²
FIRED BENDING STRENGTH RÉSISTENCE MÉCANIQUE APRÈS CUISSON		
RETRACÇÃO VERDE - SECO	4.0 ±1.0	%
DRYING SHRINKAGE RÉTRACTION À CRUE - SÈC		
RETRACÇÃO SECO - COZIDO	6.5 ±0.5	%
FIRING SHRINKAGE RÉTRACTION À CUIT		
RETRACÇÃO TOTAL	10.0 ±1.0	%
TOTAL RETRACTION RÉTRACTION TOTAL		
ABSORÇÃO DE ÁGUA	2.0 ±1.0	%
WATER ABSORPTION ABSORPTION D'EAU		
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA CÚBICA (ΔT20-400°C)	(190 ± 5) × 10 ⁻⁷	°C ⁻¹
THERMAL EXPANSION COEFFICIENT COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE		
PERDA AO FOCO	6 ±1.0	%
LOSS TO FIRE PERTE AU FEU		
COR COLOUR COULEUR	BEGE	BEJE
		BEIDE

NOTAS: A TEMPERATURA DE COZEDURA UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DOS RESULTADOS ACIMA MENCIONADOS FOI 1160 °C (±10 °C)

NOTES: THE FIRING TEMPERATURE USED TO OBTAIN THE ABOVE RESULTS WAS 1160 °C (±10 °C).

NOTES: LA TEMPÉRATURE DE CUISSON UTILISÉE POUR OBTENIR LES RÉSULTATS CI-DESSUS ÉTAIT DE 1160 °C (±10 °C).

TEMPERATURAS DE COZEDURAS
ACONSELHADAS

CHACOTA

VIDRADO COZIDO

RECOMMENDED FIRING

BISCUIT | BISCUIT

FIRING | ÉMAIL - CUISSON

TEMPÉRATURES
CONSEILLÉE

1000 °C (±10 °C)

1160 °C (±10 °C)

*TER EM CONTA AS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VIDRADO UTILIZADO.

*PLEASE TAKE INTO CONSIDERATION THE TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE GLAZES.

*VEUILLEZ PRENDRE EN CONSIDÉRATION LES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES ÉMAUX UTILISÉS.



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.
pastceram.com

graffito.
grafito.com

RJC
RJC CERAMICS
rjc.com

PASTCERAM
GROUP



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.

comercial@pastceram.com
(+351) 262 540 080
Zona Industrial Casal da Areia, Lote
38/39 2460-392 CÓS - ALCOBAÇA
PORTUGAL

FICHA TÉCNICA
TECHNICAL DATA SHEET
FICHE TECHNIQUE

DATA | DATE | DATE **28/06/2021**

PRODUTO | BARBOTINA PORCELANA
PRODUCT | PRODUIT **PORCELAIN SLIP** | **BARBOTINE PORCELAINÉ**
APRESENTAÇÃO **EM PO**
PRESENTATION | PRÉSENTATION **POWDER** | **POUDRE**
DESIGNAÇÃO **PP35 ATM**
DESIGNATION | DESIGNATION

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | PHYSICAL PROPERTIES | PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

RESISTÊNCIA MECÂNICA EM SECO DRY BENDING STRENGTH RESISTANCE SÈC	30±10	Kgf/cm ²
RESISTÊNCIA MECÂNICA EM COZIDO FIRED BENDING STRENGTH RÉSISTENCE MÉCANIQUE APRÈS CUISSON	1000±50	Kgf/cm ²
RETRACÇÃO VERDE - SECO DRYING SHRINKAGE RÉTRACTION À CRUE - SÈC	4,0 ±1,0	%
RETRACÇÃO SECO - COZIDO FIRING SHRINKAGE RÉTRACTION À CUIT	9,5,0 ±0,5	%
RETRACÇÃO TOTAL TOTAL RETRACTION RÉTRACTION TOTAL	13,0 ±1,0	%
ABSORÇÃO DE ÁGUA WATER ABSORTION ABSORPTION D'EAU	0 ±0,2	%
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA CÚBICA (ΔT20-400°C) THERMAL EXPANSION COEFFICIENT COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE	(160 ± 5) × 10 ⁻⁷	°C ⁻¹
PERDA AO FOGO LOSS TO FIRE PERTE AU FEU	6,5 ±1,0	%
COR COLOUR COULEUR	BRANCO	WHITE BLANC

NOTAS: A TEMPERATURA DE COZEDURA UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DOS RESULTADOS ACIMA MENCIONADOS FOI 1340 °C (±10 °C).
NOTES: THE FIRING TEMPERATURE USED TO OBTAIN THE ABOVE RESULTS WAS 1340 °C (±10 °C).
NOTES: LA TEMPERATURE DE CUISSON UTILISÉE POUR OBTENIR LES RÉSULTATS CI-DESSUS ÉTAIT DE 1340 °C (±10 °C).

TEMPERATURAS DE COZEDURAS ACONSELHADAS	CHACOTA BISCUIT BISCUIT	VIDRADO COZIDO FIRING ÉMAIL - CUISSON
RECOMMENDED FIRING TEMPÉRATURES	1000 °C (±10 °C)	1340 °C (±10 °C)
TEMPÉRATURE DE CUISSON CONSEILLÉE		

*TER EM CONTÁ AS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VIDRADO UTILIZADO.

*PLEASE TAKE INTO CONSIDERATION THE TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE GLAZES.

*VEUILLEZ PRENDRE EN CONSIDÉRATION LES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES ÉMAUX UTILISÉS.



PASTCERAM
Pastas Cerâmicas, S.A.

pastceram.com

graffito.

graffitozestore.com



RJC
REJOINTS

rjca.com

PASTCERAM

GROUP

