

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Belas-Artes



**Tecnologia e história da  
fundição artística**

Ricardo José Clemente Manso

Mestrado em Escultura Pública

2011

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Belas-Artes



**Tecnologia e história da  
fundição artística**

Ricardo José Clemente Manso

Mestrado em Escultura Pública

Dissertação orientada pelo Prof. Doutor Eduardo Duarte

2011

## Resumo

A fundição, técnica intimamente ligada com a criação escultórica, tem neste estudo um papel de relevância maior. Na presente dissertação são abordados alguns processos de fundição artística, temática pouco explorada e com bibliografia escassa e dispersa. São apresentados, de um modo sistematizado, os vários processos que poderão auxiliar na execução de projectos escultóricos, nos quais se pretenda a utilização desta tecnologia, como é o caso da técnica das areias, verdes e com silicato de sódio, e da técnica de cera perdida, método italiano e *ceramic shell*.

Este estudo também terá como objectivo criar tópicos de reflexão artísticos, de modo a perpetuar conhecimentos técnicos que têm vindo a ser abandonados, dando a conhecer técnicas tradicionais que podem ser adequadas a pensamentos estéticos contemporâneos, impedindo que esta tecnologia, fundamental na história da escultura, se perca por falta de conhecimento.

A estatuária equestre, intimamente ligada ao bronze, também foi abordada, sem que se esquecesse a estátua equestre de *D. José I*, modelada por Machado de Castro, que durante muito tempo foi a única do género em Portugal, tendo sido também um marco histórico no que se refere à fundição de bronze no nosso país.

## **Abstract**

The casting technique, that is closely related to the creation of sculpture, has in this study a role of greater importance. In the present dissertation is discussed some artistic casting processes, a low explored topic, with a literature scarce and scattered, that presents a multiples processes in a systematic way, which may assist in the execution of sculptural projects where the sculptor intends to use this technology, such as the technique of sand, green sand and sand with sodium silicate, and the technique of lost wax, Italian block method and ceramic shell method.

This study will also aim to create topics for art reflection, in order to perpetuate technical knowledge that have been abandoned, presenting the traditional techniques that may be suitable for thoughts and contemporary aesthetic, preventing this technology, fundamental in the history of sculpture, to be lost for lack of knowledge.

The equestrian statue, closely linked to the bronze technique, was also discussed, without forget the statue of King Joseph I, modeled by Machado de Castro, that was, during a period of time, the only monument of this kind in Portugal. This statue was also a milestone in the history of bronze foundry in our country.

## **Palavras-chave**

Escultura

Técnica

Fundição

Bronze

História

## **Key words**

Sculpture

Technique

Casting

Bronze

History

## **Agradecimentos**

A todos os que me ajudaram a concluir esta etapa.

Em especial ao Professor Eduardo Duarte, ao Sr. Carlos e D. Fátima Neves, à Andreia Ferreira, à Márcia Dias, à Casa da Moeda e a Rui Palma da Mão de Fogo.

A todos vós, os meus sinceros agradecimentos!

# Índice

Resumo.....	2
Abstract.....	3
Palavras-chave.....	4
Key words.....	5
Agradecimentos.....	6
Índice.....	7
1 - Introdução.....	8
2 - Contextualização do bronze.....	14
3 - Tecnologia da fundição.....	27
3.1 - Metais.....	29
3.1.1 - Metais ferrosos.....	33
3.1.2 - Metais não ferrosos.....	35
3.2 - Técnicas de fundição.....	42
3.2.1 - Areias.....	43
Areias verdes.....	43
Areias com silicato de sódio - Processo CO <sub>2</sub> .....	57
3.2.2 - Cera perdida.....	62
Método italiano.....	63
<i>Ceramic shell</i> .....	74
Vácuo e centrifugação.....	80
Ceras.....	82
3.3 - Sistemas de alimentação e ventilação.....	89
3.4 - Fornos e cadinhos.....	94
3.5 - Fusão e vazamento do metal.....	97
3.6 - Limpeza do metal.....	100
3.7 - Patinas.....	103
3.8 - Fundição em Portugal na actualidade.....	112
4 - Monumentos equestres.....	117
4.1 - Estatuária equestre.....	117
4.2 - Estátua Equestre de D. José I.....	126
5 - Conclusão.....	140
6 - Bibliografia.....	147
7 - Anexo I.....	156
Anexo II.....	181
Anexo III.....	192
Anexo IV.....	196
Anexo V.....	201
8 - Créditos.....	208

# 1 - Introdução

Até ao Renascimento a ideia essencial da arte é justificar a fé. O ideal cristão, que pela paixão e sofrimento, tem qualquer coisa de passivo, torna-se espiritual e contemplativo. O artista é renegado em função da obra. O importante não é que o artista opere bem ao trabalhar, mas que realize uma obra que atinja o seu fim. A arte é uma actividade que cria objectos, cujo principal objectivo consiste em tornar a vida melhor. É um meio para uma razão bem dirigida.

Os artistas deveriam obedecer a regras específicas com o intuito de atingirem um determinado fim, perfeitamente anestético. A finalidade da arte, tal como a finalidade da natureza, consiste numa criação divina. O artista tem sempre um fim determinado, tal como a natureza. Esta é criada por Deus para servir o homem, no entanto, continua às suas ordens.

No Renascimento, os fins da arte tornam-se autónomos, a arte começa a desligar-se da religião e torna-se laica. O gosto do material passa a ser prezado por si mesmo e não pelo seu valor simbólico.

Surge também um novo conceito de artista. Este começa a distinguir-se do artesão e dos trabalhadores manuais. Como “artistas liberais”<sup>1</sup>, estes carecem de dar uma sólida base teórica à sua actividade. É necessário possuir fundamentos científicos, teóricos e contribuir para uma teorização das artes.

As obras começam a ser assinadas, para se distinguirem dos seus colegas de profissão e para justificar um trabalho intelectual, fazendo uma separação entre um trabalho mental e o de mero ofício.

Neste período, em Portugal, a arte continuava a ser entendida apenas com empreendimento manual. Esta posição é bastante clara quando analisamos o caso de Machado de Castro na realização de *Estátua Equestre de D. José I*, na discrepância entre o pagamento feito ao fundidor e ao escultor, tendo o primeiro recebido

---

<sup>1</sup> WITTKOWER, Rudolf - **Escultura**. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo : Martins Fontes, 2001, p. 77.

praticamente dez vezes mais que o segundo.<sup>2</sup>

No entanto, Machado de Castro não lograva desta opinião. No seu dicionário deixa bem clara a distinção entre artista e artesão:

“Nos felices climas, aonde muitos annos ha, que nas Bellas-Artes filhas do Desenho e outras, que tem mais de mental, que de material, largarão as mantilhas, fazem differença de *Artistas* e *Artezanos*. Aos primeiros chamarão *Artistas*, mesmo para distinguillos dos *Artezanos*, deixando esta ultima nomenclatura aos que exercitão officios fabris, e embandeirados.”<sup>3</sup>.

É claro que, para Machado de Castro, o artista é aquele que privilegia o pensamento, é fundamental aliar à técnica o estudo, o bom gosto e a sabedoria.

Não se pode confundir técnica e ofício, sendo o primeiro mecânico e o segundo sensível<sup>4</sup>. A perfeição do ofício leva à virtuosidade, enquanto a técnica conduz à obra-prima. O ofício é a rotina da execução artística, ao passo que a técnica se confunde com o próprio pensamento artístico, é uma liberdade criadora. O ofício é resultante da prática tradicional e a sua plena posse é indispensável a um artista, mas na obra de arte a aplicação destes conhecimentos requer uma adaptação à finalidade sensível a que se destina.

A representação das formas deriva do fenómeno da observação, às quais não são alheias as técnicas utilizadas e a matéria. A arte não é apenas uma ilusão das formas, a fim de representar uma realidade, seja ela qual for, mas está ligada ao peso, à densidade, à luminosidade, à cor. A arte necessita da matéria e sem ela não existiria. Esta é sujeita a uma “metamorfose”<sup>5</sup>, deixa de ser matéria em si, inerte, e transforma-se, adquire uma “epiderme”<sup>6</sup>, modifica-se ao ser trabalhada.

“A forma na arte é a aparência dada a um artefacto pela intenção e pela ação

---

<sup>2</sup> Cf. RIBEIRO, Luciano - **Machado de Castro e a Estátua Equestre**. Lisboa: Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa, 1939. p. 10. Onde se pode ler que Bartolomeu de Costa terá recebido 200\$00 réis, Machado de Castro apenas 30\$00, assim como Reinaldo dos Santos que também terá recebido apenas 30\$00 réis.

<sup>3</sup> CASTRO, Machado de Castro - *Artista e Artesano*. In **Dicionário de Escultura**. Lisboa: Imprensa Moderna, 1937, p. 28.

<sup>4</sup> PEDRO, António - **Introdução a uma História da Arte**. Lisboa : Horizonte, 1948, p. 69.

<sup>5</sup> FOCILLON, Henri – *A Vida das Formas*. Trad. Ruy Oliveira. Lisboa : Edições 70. 2001, p. 57.

<sup>6</sup> Ibid.

humana”<sup>7</sup>. Não há, em rigor, arte sem que esta se traduza através de uma determinada técnica. A técnica na arte está estritamente ligada com a maneira de executar uma forma. Não gratuitamente, nem de uma forma ingénuas, mas com um sentido “norteador e direccionado para um sentimento de belo ou um gosto estético.”<sup>8</sup>

A técnica artística é a maneira mediante a qual o artista exterioriza o sentimento que o move a criar. De início consciente, mas destinada a tornar-se sempre mais espontânea ou natural com a crescente maturidade do artista<sup>9</sup>.

O acto criador do artista baseia-se, essencialmente, na sua liberdade, isto é, na sua imprevisibilidade e novidade radical, qualidades estas pelas quais o artista não poderá ficar escravo da técnica.

“A verdadeira técnica artística nunca poderá ser considerada como regra fixa”<sup>10</sup>, isto é, como um valor orientador ou um critério avaliador estático e portanto absoluto e invariável, pois constitui o único processo organizador ou criativo de um contínuo desenvolvimento, a que mereça ser chamado de técnica artística.

Com a técnica há uma ruptura da matéria da natureza, passando a ser matéria artística. Deixa de pertencer ao caos e passa a ter uma ordem, uma forma. Esta adquire uma vivência dependendo da matéria. Cada matéria possui um “vocaçãõ formal”<sup>11</sup>, pois possui cunhos diferentes e particulares.

“O carácter de coisa está tão incontornavelmente na obra de arte, que devíamos até dizer antes ao contrário: o monumento está na pedra: A escultura está na madeira. O quadro está na cor. A obra da palavra está no som da voz. A obra musical está no som. [...] A obra de arte é, com efeito, uma coisa fabricada [...]”<sup>12</sup>

Obras iguais realizadas em diferentes matérias obtêm características completamente ímpares e inesperadas. A forma metamorfoseia-se ao passar de uma

---

<sup>7</sup> READ, Herbert - **As Origens da Forma na Arte**. Trad. Waltensir Dutra. 2ª ed. Rio de Janeiro : Zahar Editores, 1981, p. 69.

<sup>8</sup> Ibid., p. 161.

<sup>9</sup> GALEFFI, Romano - **Fundamentos da Criação Artística**. São Paulo : Editora da Universidade de São Paulo, 1977, p. 164.

<sup>10</sup> Ibid., p. 166.

<sup>11</sup> FOCILLON, Henri – op. cit., p. 56.

<sup>12</sup> HEIDEGGER, Martin - **A Origem da Obra de Arte**. Lisboa : Edições 70, 2008, p. 13.

matéria para a outra. A matéria não é permutável em si.

“Assim a forma não funciona como um princípio superior que modela uma massa passiva, dado podermos verificar que a matéria impõe a sua própria forma, à forma. [...] as matérias comportam um determinado destino, ou se quisermos, uma certa vocação formal. Possuem uma consistência, uma cor, um granulado. São formas, no sentido que assinalámos, e, por isso mesmo, concitam, limitam ou desenvolvem a vida das formas da arte”<sup>13</sup>

Neste sentido, a obra de arte define-se como única, pois as propriedades da matéria não são constantes, nunca poderá existir uma cópia absoluta, mesmo com grande genialidade e perícia técnica do autor.

Na equação entre matéria e forma, a técnica é uma premissa fundamental. Esta é um “instrumento da metamorfose”<sup>14</sup>. A técnica é o meio para atingir o fim. Esta interpreta a matéria e recria-a. Podemos franquear dois aspectos diferentes e ao mesmo tempo divergentes. O conceito de técnica abarca não só a genialidade do gesto e a maneira como este faz viver as formas na matéria, mas também o conjunto de métodos de um ofício, elemento passivo na actividade artística. Ao analisar a obra de arte é necessário separar os limites do ofício da liberdade criativa, que se faz usar do primeiro. “[...] o mais importante de tudo é o gesto enorme de fazer uma Forma, uma escultura, algo visível [...]. O tempo manual é único, é o tempo do Artista.”<sup>15</sup>

É no toque que o artista desperta a forma na matéria. É onde a obra de arte nasce, onde a matéria sofre a metamorfose. “O toque é estrutura.”<sup>16</sup> É aqui que a mão<sup>17</sup> tem um papel fundamental. Há uma harmonia entre a mão e a ferramenta. A mão adapta-se à ferramenta numa necessidade de prolongamento desta sobre a matéria. A ferramenta é um meio para que a mão consiga atingir um fim - dar forma à matéria. Aqui não pode existir um trabalho separado, onde um se sobrepõe ao outro, mas sim um trabalho em uníssono onde um complementa o outro numa mesma direcção.

---

<sup>13</sup> FOCILLON, Henri – op. cit., p. 56.

<sup>14</sup> Ibid., p. 61.

<sup>15</sup> CHAFES, Rui - **O Silêncio de...** Lisboa : Assírio & Alvim, 2006, pp. 42-43.

<sup>16</sup> FOCILLON, Henri – op. cit., p. 66.

<sup>17</sup> Cf. FOCILLON, Henri - *Elogio da Mão*. In FOCILLON, Henri – op. cit., pp. 107-129.

Todos estes elementos nos permitem levar ao ponto de partida, a forma. A forma é insubstituível e sem esta não há obra de arte.

Para que a obra nasça é necessário dar forma à massa pela mão do artista. Neste sentido, o artista concorre directamente com Deus. A natureza cria formas, assim como o artista cria objectos. O homem é inferior à forma, esta “é a maneira mais elevada de transmitir qualquer modo de pensamento, e o artista poderá ser a voz dessa forma”<sup>18</sup>.

No sentido em que a técnica é fundamental na criação escultórica, é desenvolvido um estudo que pretende abordar a fundição artística. Uma tecnologia utilizada na escultura, com mais ou menos intensidade, desde a sua descoberta, e sempre de elevada importância para os escultores.

Se, por um lado, a escassez de bibliografia foi um entrave a uma boa progressão do trabalho, por outro lado, foi um aspecto desencadeador e motivador para o desenvolvimento do mesmo. A pouca bibliografia existente é vaga e pouco aprofundada, impossibilitando percorrer um processo do início ao fim. Havia uma grande necessidade de reunir informação objectiva e elucidativa sobre fundição artística, que permitisse aos escultores apresentar, ou acompanhar, um trabalho de uma forma esclarecida.

É um processo que, apesar das múltiplas abordagens e progressos ao longo da história, nem sempre alcança os resultados esperados. São métodos com muitas variantes numa equação complexa, não sendo possível um controlo absoluto sobre a sua evolução. Essa imprevisibilidade conferida pelos diferentes métodos é muitas vezes apreciada e estimulada pelos escultores.

O trabalho aqui presente divide-se, essencialmente, em duas grandes partes. A primeira, explora as técnicas de fundição mais utilizadas a um nível artístico; na segunda, é dada primazia a uma visão artística, onde é exposta a relação do escultor com a matéria .

São abordadas várias técnicas, com diferentes dificuldades e possibilidades, adaptáveis às diferentes pretensões e intenções de cada escultor. É um estudo que

---

<sup>18</sup> CHAFES, Rui – op. cit., p. 141.

reflecte os vários metais, mas onde o bronze é o centro das atenções, como é tradição no panorama artístico ao longo da história da arte. São apresentados vários metais, técnicas e suas características, numa perspectiva em que o artista deverá ter uma percepção das possibilidades, a fim de efectuar uma escolha acertada para a realização do seu trabalho.

Não são apresentados todos os processos de fundição existentes na actualidade, pois isso não teria grande interesse para o estudo em causa. Foi feita uma selecção, na qual apenas as técnicas de areia e de cera perdida foram estudadas nas suas diferentes abordagens.

Os acabamentos, assim como as patinas, não foram esquecidos. A finalização da obra assume um papel fundamental na perspectiva do autor. É aqui que culminam todos os artifícios a que o escultor recorre para transmitir uma ideia ou intenção.

Num segundo momento deste estudo, é dada primazia aos valores históricos, estéticos e artísticos, assim como a ligação do artista com o material, a sua apropriação e aos resultados que daí advêm.

Apesar da grande importância do bronze na história da escultura, há momentos de declínio, levando à quase extinção da tecnologia. O aparente marasmo é seguido por momentos de exaltação, nunca deixando que este perca um cunho de grande importância e destaque na criação artística.

## 2 - Contextualização do bronze

A necessidade do Homem em comunicar e em criar utensílios remonta à Pré-Históricas.

É na chamada Idade da Pedra o período em que o Homem cria as suas próprias ferramentas com grande perfeição e em diversos materiais, como a madeira, o osso e em particular, a pedra. Mais tarde, o Homem descobre o cobre, sendo a pedra substituída pelo metal, dando origem à Idade do Cobre.

A primeira era do metal é designada por Calcolítico. Situa-se na transição do Neolítico para os tempos modernos e marca o início de uma nova tecnologia. O cobre, o ouro e a prata foram os primeiros minérios a serem descobertos e utilizados na sua forma mais pura.

Sabe-se que a tecnologia do cobre desenvolveu-se no quinto milénio a. C., predominantemente na Anatólia (presentemente Turquia). No entanto, neste mesmo período já se fazia fundição de metais na antiga Jugoslávia e em Rudna Glava (actualmente Sérvia). Estes saberes espalharam-se pela Península Sinai, Egipto, Mediterrâneo e Europa, chegando a Itália e Inglaterra por volta de 3000 a. C. e 2000 a. C.<sup>1</sup>, respectivamente. A tecnologia também se desenvolveu na América Central, no entanto apenas por volta de 500–800 d. C. Na América do Norte, o cobre era conhecido e trabalhado desde 3200 a. C., devido à sua grande quantidade naquela zona, contudo a tecnologia da fundição nunca foi desenvolvida<sup>2</sup>.

O cobre e o chumbo foram utilizados a uma escala reduzida no início do Neolítico. Na primeira metade deste longo período, o metal era insignificante, não só a nível económico, mas também a nível artístico. Apenas por volta do quarto milénio a. C. ambos os metais começaram a ser utilizados para a manufactura de ferramentas e armas, bem como em cerimoniais. Esta utilização rapidamente se disseminou pelo Este do Mediterrâneo e pelo Médio Oriente, tendo como principal razão a introdução

---

<sup>1</sup> ERKILETIAN, Amber Geneva - *Bronze and other copper alloys*. In **The Encyclopedia of Sculpture**. Ed. Antonia Böstrom. New York / London : Fitzroy Dearborn, 2004, p. 209.

<sup>2</sup> Ibid.

de novas ligas<sup>3</sup>.

Para se obter cobre do minério, era necessário dominar a tecnologia do fogo, a qual permitia transformar o cobre do estado de óxido para o estado puro. Para isso, era necessária uma temperatura de 1084° C., ponto de fusão do cobre. As altas temperaturas eram conseguidas através de fornos construídos em encostas e zonas altas, de modo a aproveitar o vento. O uso de temperaturas elevadas já não era um processo novo, uma vez que, com a cerâmica, já tinham sido desenvolvidas algumas técnicas, como a utilização de óxidos, que requeriam grandes temperaturas. Todavia, as temperaturas necessárias à realização da cerâmica são relativamente inferiores às aplicadas na tecnologia dos metais<sup>4</sup>.

O cobre veio inovar e trazer grandes vantagens para a época, porém, era demasiado flexível e mole para trabalhos de maior definição. A sua grande viscosidade, quando fundido, tornava mais difícil a obtenção de um resultado satisfatório na fundição. Estas características não contribuíram para uma rápida propagação deste material. Foi necessário fazer algumas experiências e acrescentar novos elementos, numa tentativa de aumentar a resistência do material. Arsénico e antimónio foram os primeiros elementos a serem acrescentados. Estes afectaram claramente o ponto de fusão do cobre e a sua viscosidade quando fundido, e tornaram-no mais resistente ao manuseio quando arrefecido.

O estanho também foi um elemento acrescentado com grande sucesso, na proporção de um para dez. Este baixou o ponto de fusão para 950° C., o que permitiu aumentar as características de resistência ao manuseio, sem necessidade de ser temperado<sup>5</sup>.

As vantagens do bronze (liga de cobre e estanho) relativamente ao cobre com arsénico são substanciais. A preparação do arsénico era muito difícil pois este possui grande volatilidade, o que impossibilitava um adequado controlo, para além da toxicidade dos seus gases. Apesar das desvantagens relativamente ao estanho, o arsénico prevaleceu até ao segundo milénio a. C. Esta preponderância dá-se pela escassez de depósitos de estanho na região do Mediterrâneo e no Médio Oriente. O

---

<sup>3</sup> CRADDOCK, P. T. - *Bronze*. In **The Dictionary of Art**. Ed. Jane Turner. New York : Grove; London : Macmillan Publishers, 1996, p. 849.

<sup>4</sup> ERKILETIAN, Amber Geneva – Op. Cit., p. 208.

<sup>5</sup> Ibid., p. 209.

estanho predominava no Sudoeste Britânico, Europa Central, Leste e Sudeste Asiático e na Nigéria<sup>6</sup>, lugares demasiado distantes para alimentar a indústria metalúrgica do bronze no Médio Oriente.

A liga de cobre e estanho (bronze) tinha claras vantagens, tais como o mais baixo ponto de fusão, o que implicava menos gastos de energia, e uma melhoria da viscosidade do metal fundido, que permitia um maior detalhe e complexidade dos objectos a executar comparativamente com as ligas que utilizavam arsénico e antimónio<sup>7</sup>.

Em meados do terceiro milénio a. C. o bronze começou a ser largamente popular desde o Mar Egeu e Anatólia até à Mesopotâmia. No final do terceiro milénio a. C. a metalurgia tinha-se desenvolvido bastante pela Europa, China e Sudoeste Asiático, tornando-se o bronze predominante relativamente ao cobre com arsénico. No Médio Oriente e Mediterrâneo a mudança foi mais gradual, devido à falta de estanho. Micénicos, gregos e chineses começaram a juntar chumbo à liga de bronze, permitindo baixar o ponto de fusão e torná-la mais fluida, facilitando o enchimento dos moldes e, conseqüentemente, melhorando a definição das peças, o que possibilitava objectos mais pormenorizados e complexos.

Estes avanços tecnológicos eram acompanhados pelos progressos ao nível dos moldes. A sofisticada técnica de cera perdida<sup>8</sup> foi sendo desenvolvida, pois a importância dos moldes era tida em conta em todo o processo tecnológico da fundição. A riqueza dos detalhes era acrescida com trabalho pós-fundição com ferramentas adequadas, todavia, a maior parte dos detalhes eram reproduzidos pelos próprios moldes.

A tecnologia da fundição na China desenvolveu-se de forma independente. Esta possuía grandes conhecimentos de altas temperaturas, saberes ampliados com a realização de porcelanas. As duas tecnologias, fundição e cerâmica, foram progredindo paralelamente, sendo a China mais desenvolvida ao nível da fundição, que o Ocidente.

Na China, as técnicas de fundição não contemplavam o método de cera perdida.

---

<sup>6</sup> CRADDOCK, P. T. – op. cit., p. 849.

<sup>7</sup> ERKILETIAN, Amber Geneva - op. cit., p. 209.

<sup>8</sup> Ver Cera perdida.

No início da Idade do Bronze, era utilizada essencialmente a argila. O modelo era realizado neste material e depois cozido. Seguidamente, criavam-se os moldes, também em argila, que eram levados ao fogo a cozer. Quando estes estavam finalizados, era fundido o metal e vertido para os moldes<sup>9</sup>.

Também é na China que se realizam os primeiros moldes permanentes. Estes eram produzidos em pedra, o que permitia múltiplas utilizações.

O bronze, pelas suas características, sempre teve um lado simbólico. Foi considerado um metal sagrado, sendo utilizado nos instrumentos de culto desde a Antiguidade até ao Budismo e ao Cristianismo. As estátuas de bronze na Grécia Antiga eram geralmente associadas a deuses pelo alto estatuto do material. A grande resistência estrutural, a não corrosão atmosférica, a facilidade de fundição, a grande capacidade de acabamento, e a excelente capacidade de polimentos, permitindo aproximar-se do ouro, fizeram com que todas as peças realizadas em bronze fossem únicas e insubstituíveis, renunciando à madeira. O cobre ainda hoje é utilizado no Nepal e em algumas partes da Índia por motivos religiosos, pois é visto como um metal puro<sup>10</sup>.

Algumas peças egípcias foram realizados em bronze, como armas e pequena estatuária. Contudo, foram os gregos os primeiros a fundir estatuária de grande escala. Exemplo disso é *Poseidon (Zeus?)*, c. 460-450 a. C., com 2,09 metros de altura, que se encontra no Museu Nacional de Atenas.

A maioria dos objectos de metal (bronze, chumbo ou prata) são armas, peças decorativas ou objectos religiosos. Estes eram realizados por artesãos que trabalhavam o metal e não por agricultores. Esta nova tecnologia proporcionou uma melhoria da vida quotidiana, apesar destas peças serem utilizadas principalmente por pessoas de maior hierarquia social<sup>11</sup>.

O povo Minóico e Micénico produziu a uma escala considerável trabalhos em bronze. A prova disso é a descoberta de naufrágios carregados com algumas toneladas de cobre e estanho no sul da Turquia, no Cabo de Gelidonya e em Kas. O espólio de

---

<sup>9</sup> ERKILETIAN, Amber Geneva - Op. Cit., p. 209.

<sup>10</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing., 2005, p.159.

<sup>11</sup> FINLEY, Moses I. - **Early Greece: The bronze and archaic ages**. London : Chatto & Windus, 1970, p. 8.

bronze dos Minóicos era composto por vasos e pequenas estatuetas votivas e de ornato. As estatuetas eram maciças, não ultrapassando os dez centímetros, e eram essencialmente pequenas figuras humanas ou taurinas<sup>12</sup>, sendo realizadas em cera perdida. Com o colapso da civilização Minóica a produção de bronzes pereceu no mundo Egeu por alguns séculos. Com o regresso da estabilidade e prosperidade no primeiro milénio a. C., ressurgiu a produção de bronzes e de figuras decorativas. Algumas das figuras continuaram a ser maciças, porém começam a existir obras vazadas, possuindo uma abertura numa zona menos visível. As peças eram realizadas em cera e envolvidas em argila, inclusivé no seu interior. Após a sua cozedura e enchimento com bronze, a argila era retirada originando uma peça oca ou parcialmente oca. Anteriormente, algumas peças também eram preenchidas com argila, todavia não era deixada nenhuma abertura para o interior, impossibilitando o seu resgate.

Por volta do século VII a. C. a técnica de ocagem na fundição já era perfeitamente dominada pelos gregos, que realizavam figuras humanas e animais à escala real. Na verdade, a fundição à escala real já tinha sido feita anteriormente, mas não de uma forma regular. Exemplo disso é a estátua de *Pepy I*, c. 2289-2256 a. C., que se encontra no Museu Egípcio, no Cairo. O interesse dos gregos pelo bronze foi de tal modo grande que desenvolveram a tecnologia a um nível nunca antes atingido. Possuíam grande naturalismo e detalhe na representação, assim como uma enorme capacidade de reprodução e de finalização, como é exemplo a estátua de Reggio Calabria, datada por volta do século V a. C., que se encontra no Museu Nacional da Magna Grécia, na cidade de Reggio Calabria, no sul de Itália.

A técnica de cera perdida foi a preferida dos gregos e, mais tarde, foi também adoptada pelos romanos. Esta técnica permitia dividir a peça original em inúmeras partes e fundi-las separadamente. Depois, era necessário soldá-las com uma liga semelhante, e disfarçar as soldaduras. Caso algum erro acontecesse na fundição, esta técnica permitia que se retirasse e refizesse apenas a parte danificada, possibilitando a ocagem completa da peça, sem orifício para o interior<sup>13</sup>.

A estatuária grega, apesar de hoje em dia apresentar uma patine esverdeada ou acastanhada, foi outrora mantida polida com diferentes tonalidades e até adornada

---

<sup>12</sup> CRADDOCK, P. T. - op. cit., p. 850.

<sup>13</sup> Ibid., p. 851.

com pedras e conchas, como é o caso da *Cabeça de Augustus*, c. 27 a. C. - 25 d. C., que permanece no Museu Britânico em Londres.

Apesar da liga de bronze com chumbo já se utilizar desde o primeiro milénio a. C., os gregos não a utilizaram inicialmente. Apenas no período Helenístico, o chumbo é novamente introduzido, tornando-se universal pelos romanos, sendo utilizado numa proporção de dez a trinta por cento. O chumbo melhorava as características do bronze, permitindo, entre outras coisas, que as esculturas pudessem ter paredes mais finas, com cerca de dois centímetros de espessura<sup>14</sup>.

Os gregos transmitiram os seus conhecimentos aos romanos, tendo estes deixado um maior número de obras. Entre os romanos, o bronze tomou um carácter monumental, religioso e artístico. As suas leis, tratados de paz e de aliança, e grande parte dos seus utensílios de culto eram gravados ou feitos em bronze ou em cobre, assim como a sua estatuária<sup>15</sup> e baixos-relevos.

Arqueólogos especializados em metalurgia dividem os antigos bronzes em dois tipos: “low-tin bronze”, bronzes com pouca percentagem de estanho; e “high-tin bronze”, bronzes com elevada percentagem de estanho. A liga que se encontra maioritariamente nos bronzes antigos é “low-tin bronze”, isto é, com menos de 17% de estanho, sendo que a maior parte tem menos de 13% de estanho. Entre 17% e 19% a liga de cobre e estanho não pode ser trabalhada nem a quente nem a frio, e acima de 20% de estanho, “high-tin bronze”, pode ser trabalhada a quente<sup>16</sup>.

Os romanos entenderam bem as vantagens e desvantagens do cobre puro. O cobre é mole e dúctil, podendo ser trabalhado facilmente a frio. A adição de pequenas quantidades de estanho torna o cobre mais duro e resistente. Depois de conhecerem as propriedades das diferentes ligas de cobre descobriram que os métodos de manufactura podiam variar consoante o fim a que se destinavam.

Ainda que o estanho torne o cobre mais duro, permitindo o trabalho a frio, quanto maior a proporção de estanho, mais quebradiço o cobre se torna, até um limite de 13%. Acima desta percentagem, a liga torna-se demasiado frágil para ser trabalhada a frio. Contudo, abaixo dos 13% não será a melhor liga para fundir, pois

---

<sup>14</sup> CRADDOCK, P. T. - op. cit., p. 852.

<sup>15</sup> Ver Estátua equestre de Marco Aurélio, Fig. 63, Anexo II.

<sup>16</sup> HURST, Steve – op. cit., p. 159.

tornar-se-á muito pouco fluida para chegar a todos os pontos do molde. Os romanos perceberam que adicionando 3% de chumbo ao metal fundido a liga tornar-se-ia mais fluida. Este acréscimo de chumbo não influencia grandemente o seu manuseio a frio, mas, acima dos 5%, altera drasticamente as propriedades da liga. Aos 30% de chumbo, a liga atinge o seu limite, sendo que, a partir, deste limite o estanho começa a separar-se do cobre<sup>17</sup>.

As fundições romanas trabalhavam no sentido de alcançar um compromisso para que fosse possível um trabalho de cinzelagem e polimento, principalmente nas esculturas. Os romanos descobriram que a liga adequada para fundir em cera perdida e em trabalhos com detalhe e acabamentos, seria uma liga de 80% de cobre, 10% de estanho e 10% de chumbo<sup>18</sup>.

O zinco não era utilizado porque ainda não era possível extraí-lo do minério na época dos romanos, pois volatilizava e perdia-se. Na realidade, os métodos de destilação de zinco só foram descobertos em meados da Idade Média. Os romanos produziam latão<sup>19</sup> fundindo minério de zinco com cobre ou até mesmo com minério de cobre, num método designado de co-fundição<sup>20</sup>.

Eram utilizadas duas ligas, uma de cobre e estanho – bronze; e outra de cobre e zinco - latão. As ligas utilizadas para moedas ou para fins militares, na Gália e na Europa Central, mudaram depois da queda do Império Romano. As descobertas de objectos em latão superam as de objectos em bronze, o que poderá, segundo os arqueólogos, estar relacionado com dois factores: o aumento do uso da co-fundição para produzir ligas de cobre e zinco; e os cortes nos abastecimentos de estanho.

No início, a maioria das línguas tinham apenas uma palavra para definir cobre e ligas de cobre<sup>21</sup>. Os chineses usavam a palavra *tang*, os tibetanos a palavra *li*, os gregos *khalkos* e os romanos *aes*. Para a liga de cobre e zinco os gregos e os romanos tinham termos semelhantes, *oreikhalkos* e *aurichalcum*, respectivamente, mas não eram usualmente utilizados na generalidade da literatura. Os povos anglo-saxónicos,

---

<sup>17</sup> HURST, Steve – op. cit., p. 159.

<sup>18</sup> Ibid.

<sup>19</sup> Trad. *brass*, Ibid., p. 160.

<sup>20</sup> Trad. *co-smelting*, Ibid.

<sup>21</sup> CRADDOCK, P. T. – op. cit., pp. 848, 849.

até ao século XVII, designavam o cobre ou as suas ligas como *brass*. No período medieval e início do pós-medieval, alguns termos como *latten* e *maslin* eram utilizados para designar ligas de cobre e zinco. No final deste período, o termo *bronz* começa a ser utilizado na Itália para qualificar as ligas de cobre utilizadas na Antiguidade, em particular as mais antigas e corroídas que começavam a ser descobertas em escavações.

Grande parte do trabalho metálico clássico foi realizado com ligas de cobre e estanho, no entanto, no renascimento italiano a liga de cobre e zinco foi predominante. Assim, surgiu quase acidentalmente a associação do bronze para a liga de cobre e estanho com patina e *brass* para a liga de cobre e zinco com um acabamento brilhante. Com o evoluir dos tempos e das línguas as distinções foram-se dissipando e, para muitos, *bronze* e *brass* não passam de sinónimos.

Em África, no sul do Saara, a técnica de fundição desenvolveu-se mais tarde comparativamente com a América do Sul ou com povos Celtas. Existem teorias dentro da arqueologia que defendem que o processo de cera perdida não foi uma descoberta local, mas sim uma introdução protagonizada pelos portugueses, durante o período colonial no século XVI<sup>22</sup>. Porém, esta teoria é posta em causa por duas razões. Em primeiro, pela descoberta de algumas peças de cobre na Nigéria datadas de um período anterior à colonização portuguesa. Em segundo lugar, pelo facto de que o método utilizado pelos portugueses era o processo italiano, que era uma técnica desenvolvida em sociedades urbanas, baseadas numa organização militar e comercial. Os povos africanos tinham um filosofia rural e local completamente diferente do que se passava em Portugal ou no resto da Europa.

A fundição de bronze continua durante o período medieval, onde se realizavam essencialmente incensários e sinos<sup>23</sup>. As propriedades de ressonância que a liga de bronze possui tornou-a especial para a construção destes últimos. Os grandes sinos foram fundidos, em grande parte, com esta liga que contém cerca de 20 % de estanho. Os sinos eram realizados pelos metalúrgicos que fundiam as grandes estátuas. Alguns deles eram significativamente grandes e tinham de ser fundidos no local da

---

<sup>22</sup> HURST, Steve - op. cit., p. 34.

<sup>23</sup> TRUSTED, Marjorie - **The Making of Sculpture**. London : V&A Publications, 2007, p. 50.

implantação. Poços de fundição e fragmentos dos cadinhos e dos moldes são frequentemente encontrados em escavações junto a igrejas medievais<sup>24</sup>. O processo de fundição de sinos é retratado no filme *Andrey Rublyov* de Andrei Tarkovsky<sup>25</sup>.

A confecção de um sino obedece a uma escala, à qual corresponde uma determinada nota musical. Os sinos devem ser devidamente afinados e obedecer a dois acordes musicais - o maior e o menor, chegando a ser-lhes atribuído um sexo.

O trabalho de fabricação requer manobras especiais e um bom conhecimento por parte dos técnicos. As oficinas de fundição de sinos eram como recintos sagrados, onde tudo era muito simples.

Os moldes eram cuidadosamente realizados e cozidos com carvão de coque de fundição, demorando três dias e três noites a ser totalmente cozidos<sup>26</sup>.

O metal, designado de campanil<sup>27</sup>, é fundido num enorme poço perto dos moldes, consistindo numa mistura de cobre e estanho a uma proporção de 4 para 1<sup>28</sup>, devendo atingir uma temperatura de 1200° C.

Todos os auxiliares colocavam-se ao lado do mestre, formando um círculo, e rezavam uma oração tradicional para pedir a bênção de Deus. Após a oração, o metal era vazado de forma a criar o sino. Eram necessárias 30 a 40 horas<sup>29</sup> para que o sino solidificasse, de modo a ser possível a sua extracção do solo. Seguia-se a limpeza de todas as impurezas e a experimentação do som.

Os sineiros deviam educar os ouvidos de modo a conseguirem obter do bronze um som harmonioso, obedecendo a um compasso, conforme o acto do culto que se celebrava no momento.

La Ditta Lucenti é uma oficina de fundição histórica, grande especialista na fundição de sinos em Roma, sendo sua actividade remonta a 1550, como a data gravada na sino do Convento dos Padres Capuchinhos na Igreja da Misericórdia, na Via Veneto, em Roma. Assinou muitos sinos no centro de Itália, incluindo estátuas,

---

<sup>24</sup> CRADDOCK, P. T. – Op Cit., p. 855.

<sup>25</sup> **Andrey Rublyov** [registo video], Dir. Andrei Tarkovsky . [S.L.] : The Criterion Collection, 1966.

<sup>26</sup> ROSA, Padre José António Pinheiro e - **Vozes de Bronze : Os sinos das torres do Algarve**. Faro : [Tipografia União], 1947, p. 29.

<sup>27</sup> Ibid., p. 30.

<sup>28</sup> VASCONCELOS, Salomão - **Os Sinos: na Simbologia e na História**. [S.L.: S.N.], 1946, p. 22.

<sup>29</sup> Ibid., p. 23.

portas e estampas, realizados em metais diversos. Entre as principais obras da empresa estão alguns elementos das quatro colunas do baldaquino da Basílica de São Pedro em Roma, da autoria de Bernini, fundidos por Ambrose Luminoso em 1627, e um sino chamado *Della Predica*, popularmente conhecido como *Chiacchierina*, no Vaticano<sup>30</sup>.

Os Europeus começaram a utilizar canhões de guerra nas primeiras décadas do século XIV. As primeiras peças de artilharia eram muito rudimentares e pouco eficazes. Contudo, na segunda metade do século XIV, o canhão normal era bastante utilizado em guerras e as fundições europeias desenvolveram-se no sentido de ter tecnologias que criassem armas o mais poderosas possível.

Os canhões podiam ser de ferro ou de bronze. Os de ferro eram construídos a partir de barras de ferro forjado soldadas em tubos toscos, que eram posteriormente reforçadas por grossas cintas de ferro ajustadas sobre os mesmos. O conhecimento para realizar os canhões através de fundição existia, no entanto, era bastante mais difícil. O ponto de fusão do ferro é muito elevado e, uma vez fundido, torna-se substancialmente mais frágil, correndo maior risco de fractura. A corrosão seria mais um aspecto a ter em conta, assim como o seu peso. Contrariamente, o bronze é, tecnicamente, muito mais fácil de fundir.

Os canhões de ferro fundido eram inferiores, em muitos aspectos, à artilharia de bronze, contudo, tinham a grande vantagem de terem um custo muito inferior. Estes eram, em média, três ou quatro vezes mais baratos que a artilharia em bronze<sup>31</sup>.

O cobre, base da matéria-prima para o fabrico de artilharia de bronze, era sobretudo proveniente da Hungria, Tirol, Saxónia e Boémia. O estanho, para misturar com o cobre, provinha principalmente de Inglaterra, Espanha e Alemanha. Os artesãos trabalhavam por toda a Europa e não tinham quaisquer dificuldades em se dividirem em ambos os trabalhos, sinos e canhões. Trabalhavam por encomenda ou eram contratados por um determinado período de tempo. Com o passar dos anos e com a necessidade de defesas por parte dos governos, são criadas equipas de trabalho

---

<sup>30</sup> [http://www.vicariatusurbis.org/SantaBarbara/p\\_campane.htm](http://www.vicariatusurbis.org/SantaBarbara/p_campane.htm) [em linha][consult. 5 de Outubro de 2011].

<sup>31</sup> CIPOLLA, Carlos M. - **Construir o passado : Canhões e Velas nas Primeira fase da expansão Europeia (1400-1700)**. Lisboa : Grávida, 1989, p. 41.

permanente. A formação destas equipas não é totalmente clara, pois o trabalho era realizado em conjunto entre fundidor e artilheiro<sup>32</sup>.

A tecnologia de fundição é amplamente aumentada, numa procura de aperfeiçoamento de arsenais e adestramento da artilharia. O comércio do cobre e da artilharia de bronze torna-se uma das actividades mais florescentes e lucrativas da época. O rápido crescimento da produção de canhões foi acompanhado pelo progresso tecnológico. No entanto, a maior parte do desenvolvimento foi canalizado para aumentar as dimensões destes e só posteriormente é que a eficácia e a mobilidade foram desenvolvidas<sup>33</sup>.

Com a necessidade de fundir canhões cada vez maiores, a técnica de fundição foi sendo melhorada, permitindo que a obra escultórica ganhasse refinamento e tamanho, tal como a *Estátua Equestre de Gattamelata* de Donatello, 1445-50, em bronze, c. 3,35 x 3,96 metros, situada na Piazza del Santo em Pádua.

A resistência e ductilidade do bronze são características vantajosas quando se criam figuras em movimento, especialmente em relação à pedra ou à cerâmica. Reforços estruturais podem ser facilmente adicionados sem prejuízo do refinamento externo.

O bronze pode ser reutilizado com grande facilidade, podendo ser derretido e transformado em novos objectos. As razões podem ser de ordem financeira ou política<sup>34</sup>. Um bom exemplo disso foi quando a estátua do Papa Julio II da autoria de Miguel Ângelo (1475-1564) foi destruída pela família Bentivoglio, quando esta tomou o controlo da cidade de Bolonha em 1511.

Na Idade Média a arte de fundir em bronze quase desapareceu, ressurgindo no Renascimento, onde atinge o seu apogeu artístico<sup>35</sup>, devendo a estatuária ser executada com uma combinação de 2/3 de cobre e 1/3 de latão<sup>36</sup>, segundo as regras italianas.

Foi no século XV que o bronze ganhou novo fôlego, em que a cidade de

---

<sup>32</sup> CIPOLLA, Carlos M. – op. cit., p. 24.

<sup>33</sup> Ibid., p. 27.

<sup>34</sup> TRUSTED, Marjorie – op. cit., p. 49.

<sup>35</sup> Ver WITTKOWER, Rudolf - **Escultura**. São Paulo : Martins Fontes, 2001, pp. 166 – 172.

<sup>36</sup> VASARI, Georgio - **Vasari on Technique**. Trad. Louisa S. Maclehorse. New York : Dover Publications, 1960, p. 163.

Florença teve um papel importante no seu ressurgimento. Miguel Ângelo, que era essencialmente um escultor de pedra, executou um monumento em bronze do Papa Julio II, anteriormente referido, assim como o ourives e escultor Benvenuto Cellini (1500-1571), que descreve a execução de *Perseus* na sua auto-biografia.

O revivalismo do bronze deu-se em grande medida pelo interesse pelas obras e artefactos do Mundo Antigo. Este gosto foi cultivado pelos artistas e colecionadores, que evidenciavam um especial interesse, não só intelectual, mas também técnico, que facilitou o ressurgimento dos bronzes.

Pádua foi uma cidade que desenvolveu um especial interesse por bronzes pequenos, onde houve uma larga produção de animais como caranguejos, lagartos, rãs e outras espécies que eram usados vivos para serem fundidos<sup>37</sup>. Os animais eram muitas vezes utilizados para a criação de moldes, onde eram revestidos com material refractário e posteriormente cozidos. É um método conhecido pelo processo do *lagarto perdido*<sup>38</sup>. Este processo foi aplicado no baldaquino do sepulcro de São Pedro e no altar mor da basílica de São Pedro em Roma realizado, por Gian Lorenzo Bernini (1598-1680) e fundido por Ambrogio Lucenti (1595-1670) em 1624-1627.

Durante o século XVII e XVIII o gosto por peças mais pequenas e íntimas substituiu os bronzes de grande escala. Realizaram-se peças mais decorativas, com um estilo barroco, como *Vénus e Adónis* de Francesco Farrelli (1590-1653). O interesse pela Antiguidade ressurgiu nos finais do século XVIII, quando surge a moda das cópias clássicas a uma escala pequena, criando uma indústria crescente em Roma, dominada por pequenas fundições onde se destaca a família Zoffoli.

Durante a primeira metade do século XIX, mudanças sociais e tecnológicas geraram condições favoráveis para a fundição de escultura em série, o que permitiu a aquisição de estátuas em bronze pela classe média a um preço relativamente baixo.

A intervenção do escultor no processo de fundição das suas obras sempre foi fundamental para um bom resultado, no entanto, a partir do século XIX, as melhorias técnicas e a melhor formação dos técnicos que executavam este trabalho, libertou os artistas desta prática oficial, possibilitando que estes se focassem apenas na criação

---

<sup>37</sup> VASARI, Georgio – op. cit., p. 50.

<sup>38</sup> Trad. *Lost Lizard*, TRUSTED, Marjorie – op. cit., p. 50.

dos suas obras<sup>39</sup>.

A produção de escultura na França foi estimulada pelo governo, pelos salões anuais e por algumas exposições universais. No século XIX os franceses usavam, de um modo bastante preciso, métodos de fundição para as suas esculturas. Em alguns casos, combinavam técnicas<sup>40</sup> de areia com o método de cera perdida, alcançando o seu auge da técnica, virtuosismo e posteridade no final do século XIX. O cemitério Pere Lachaise, no leste de Paris, comprova a popularidade dos trabalhos em metal fundido, pela burguesia da altura. O bronze foi a liga de eleição para todo o tipo de memoriais, todavia, apenas as cidades mais ricas podiam pagar esculturas em bronze. O ferro era uma alternativa mais barata e de baixa qualidade, que provinha em grande parte de sucatas. Era um material bastante duro, que dificilmente era trabalhado a frio, impossibilitando os acabamentos. Em muitas destas peças são bem visíveis as ligações das várias partes, assim como as imperfeições dos moldes. Apesar de tudo, a grande maioria dos trabalhos era fundida em bronze, sendo o ferro um metal raro para fundir.

Actualmente, o bronze mais comum na escultura é uma liga que tem 85% de cobre, 5% de estanho, 5% de zinco e 5% de chumbo<sup>41</sup>. Apesar das descobertas e dos avanços do ferro e aço para fins industriais, o bronze continua a ser um metal muito utilizado na indústria ao longo dos tempos.

No entanto, com todas as vantagens que o bronze apresenta e dos avanços tecnológicos, a fundição é um processo que necessita de meios técnicos específicos e dispendiosos. A necessidade de grandes recursos tem vindo a limitar a sua aplicação nas artes plásticas, perdendo também o poder social que tinha no passado.

---

<sup>39</sup> BAUDRY, Marie-Thérèse - **Sculpture - Méthode et Vocabulaire**. 6<sup>o</sup> Ed., Paris : Imprimerie National, 2005, p. 240.

<sup>40</sup> HURST, Steve - op. cit., p. 70.

<sup>41</sup> Ibid., p. 159.

### 3 - Tecnologia da fundição

A tecnologia da fundição é uma das mais antigas e primitivas técnicas para dar forma ao metal. O princípio básico de Arquimedes, que diz “o líquido toma a forma do vaso que o contém”<sup>1</sup>, é a definição mais simples e pura de toda a técnica de fundição. Esta consiste em fundir o metal, isto é, aquecê-lo até que se torne líquido e, uma vez fundido, deitá-lo num molde, previamente preparado, com a forma que se deseja que o metal obtenha<sup>2</sup>. Ao arrefecer, o metal solidifica ganhando a forma pretendida.

A fundição é particularmente apropriada para a realização de peças com formas mais complexas, para a reprodução em série, assim como para peças de grandes dimensões. O processo completo para a obtenção de peças fundidas consiste, essencialmente, no fabrico do modelo a ser fundido, que deverá ser à escala real; na construção dos moldes, que terão a forma negativa do modelo e que variam consoante a técnica de fundição utilizada; na fusão do metal, deve aquecer-se o material até que se liquidifique em fornos especiais, sendo que a temperatura é variável dependendo do metal utilizado; no seu vazamento, que consiste no enchimento dos moldes com o metal fundido; na desmoldagem, extracção da peça, já solidificada, de dentro dos moldes; e limpeza e acabamentos, onde todos os excessos de material são removidos e se dá o acabamento final que poderá passar pela aplicação de patinas.

Hoje em dia, os processos de fundição são múltiplos e variados, possibilitando uma maior escolha, consoante as intenções e finalidades de cada trabalho. A escolha entre os diferentes processos poderá ter em conta variadíssimos aspectos. Poderá depender da natureza do trabalho, da sua forma, dimensão, do tipo de metal em que se pretende fundir, da quantidade de peças, assim como do orçamento de que se dispõe.

Machado de Castro (1732–1822), tal como Francisco Assis Rodrigues (1801-1877), apenas abordam duas técnicas para fundir nos respectivos dicionários.

---

<sup>1</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho - **Tecnologia da Fundição**. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1999, p. 5.

<sup>2</sup> RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988, p. 126.

“Fusoria: He a arte de fundir metaes. Divide-se em duas espécies, que não fundir em *arêa*, e fundir em *gesso*; que formão dois diversos officios; *Fundidor de Arêa*, cujas as operações servem só para os *Latoeiros*; e *Fundidores de gesso*, de cujo o trabalho se servem os *Ourives*, *Escultores*, &.”<sup>3</sup>

“Fundição:[...] Há dois modos de fundir em metal estatuas ou quaisquer obra: primeiro consiste em formar o modelo sobre cerras com potra (composição de varios barros e outros mistos), o segundo é feito sobre areia.[...]”<sup>4</sup>

Contudo, novas tecnologias se desenvolveram, permitindo novos modos de fundir. Pode distinguir-se os diferentes métodos em dois grupos principais: os de moldes perdidos e os de moldes permanentes<sup>5</sup>. Nos primeiros, para cada peça solidificada, é necessário partir os moldes para extrair a peça final. Todavia, os moldes permanentes podem ser utilizados mais do que uma vez sem alterações significativas na forma e nas características dos mesmos. Do mesmo modo, pode classificar-se os modelos em perdidos e permanentes.

Apesar dos avanços tecnológicos, os métodos mais utilizados na fundição de escultura continuam a ser essencialmente dois. O método de cera perdida e o método dos moldes em areia. No primeiro processo é realizado um modelo em cera que é revestido por camadas de uma pasta cerâmica, sendo esta posteriormente endurecida. O termo *perdida* vem da necessidade de derreter a cera para gerar uma cavidade no interior do molde que, subsequentemente, será ocupado pelo metal fundido<sup>6</sup>. Nos moldes em areia é necessário realizar o modelo num material suficientemente resistente para que possa ser calcado na areia. Neste caso, e ao contrário da cera perdida, o molde tem de ser dividido em dois, de modo a que o modelo possa sair para dar lugar ao metal. Depois de ter os negativos em areia, o metal é fundido e vertido para que se obtenha a peça final<sup>7</sup>.

Numa fundição, os moldes terão de ser compostos de material refractário,

---

<sup>3</sup> CASTRO, Machado - Fusoria. In **Dicionário de Escultura**. Lisboa : Imprensa Moderna, 1937, p. 48.

<sup>4</sup> RODRIGUES, Francisco Assis - Fundição. In **Diccionario Technico e Historico de Pintura, Esculptura, Architectura e Gravura**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1875, p. 195.

<sup>5</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p. 6.

<sup>6</sup> Ibid., 106.

<sup>7</sup> Ibid., p. 21.

suficientemente resistente para o impacto do peso e da temperatura a que é exposto quando colocado em contacto com o metal em fusão. Deverá, também, ter grandes qualidades plásticas de reprodução, a fim de imprimir no metal todos os detalhes da modelação efectuados no modelo, mas igualmente deverá ser poroso para permitir a libertação de gases formados durante o vazamento<sup>8</sup>. Os gases formar-se-ão por diferentes motivos. Dentro dos moldes existe ar que terá de sair para dar lugar ao metal. Para além da porosidade do material refractário, devem existir canais que canalizem o ar para o exterior. Durante o endurecimento e arrefecimento do metal, este liberta gás, assim como o próprio molde poderá libertar algum vapor de água. Também poderá haver formação de gases, resultantes da queima de alguns materiais orgânicos que possam estar dentro dos respectivos moldes. Estes gases, se não forem tidos em conta em todo o processo de fundição, poderão levar ao aparecimento de buracos nas peças finais.

Ao realizar uma fundição poderemos optar por uma peça oca ou sólida. Esta opção condicionará todo o processo, em particular os moldes, como veremos mais tarde, quando se aprofundar o tema. Na grande maioria, as peças fundidas são ocas devido a vários aspectos importantes. Em primeiro lugar, encontra-se o factor económico, não só pelo preço do metal, mas também por toda a logística inerente ao manuseio de grandes quantidades de material. Por outro lado, e talvez mais importante que o factor económico, há que ter em consideração o arrefecimento e a contracção do material. Se a peça possuir grandes quantidades de material este terá deformações que poderão culminar na quebra da mesma<sup>9</sup>. A realização de peças maciças apenas se aplica a pequenos formatos.

### **3.1 – Metais**

O metal escolhido, na maioria das vezes, pelo escultor para a fundição é o bronze, mas não será o único. Muitas das vezes também incorpora o ferro, o aço e uma variedade de ligas de alumínio, assim como ligas de zinco e estanho. Por

---

<sup>8</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 140.

<sup>9</sup> Ibid.

tradição, o bronze é o metal da escultura<sup>10</sup>, sendo fácil de constatar se olharmos para toda a história da arte.

A principal razão para o uso dos metais, está em muito relacionado com as suas características físicas. A maioria dos metais utilizados na escultura possuem algumas características físicas em comum: o elevado grau de resistência, a grande força estrutural, a maleabilidade, o peso, o brilho / reflexão, a solubilidade, a capacidade de formar novas ligas com características metálicas e a resistência física aos elementos atmosféricos, variável consoante o metal em causa<sup>11</sup>.

A utilização de metais provenientes de sucatas é bastante recorrente na fundição realizada por escultores. No entanto, esta não é recomendada, pois não é possível determinar a especificidade nem a limpeza da liga em causa, nem, tão pouco, averiguar o número de vezes que foi refundida. As ligas, depois de reutilizadas múltiplas vezes, começam a deteriorar-se, visto que os metais com baixo ponto de fusão acabam por se queimar e desaparecem. Por esta razão, deve-se adicionar uma percentagem de 50% de metal novo, para que a liga se possa renovar e não perca as características iniciais<sup>12</sup>.

A velocidade de solidificação tem efeitos significativos na estrutura do metal, que se desfaz quando fundida, mas que a retoma no seu arrefecimento. A celeridade do arrefecimento e solidificação pode variar mediante diferentes factores, tais como os diferentes tipos de moldes, a espessura do objecto fundido e o sistema de gitagem<sup>13</sup>.

Durante o aquecimento, os metais absorvem hidrogénio e oxigénio da atmosfera e alguma humidade que esteja presente no forno na altura da fusão. Estes gases são absorvidos pelo metal quando este funde, e são expelidos quando solidifica, podendo causar buracos e outros defeitos no metal arruinando todo o trabalho de fundição. No entanto, a absorção destes gases pode ser limitada, assegurando que o metal não é

---

<sup>10</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 159.

<sup>11</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 125.

<sup>12</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003, p. 239.

<sup>13</sup> Canal, ou sistema de canais, que permitem a circulação do metal dentro do molde.

mantido demasiado tempo no estado líquido<sup>14</sup>. Outro dos métodos para prevenir a absorção de gases é a formação de uma atmosfera oxidante<sup>15</sup> dentro do forno. Esta atmosfera é criada com o ajuste do queimador do forno onde se funde o metal, ou pela adição de substâncias químicas capazes de remover o hidrogénio<sup>16</sup>. Este processo faz com que o metal absorva oxigénio, que será posteriormente removido (desoxidação) por adição química antes de ser derramado nos moldes. Este processo de controlo dos gases reduz a viscosidade do metal, pois dissolve e previne a formação de óxidos que podem impedir a fluidez do metal fundido.

Na fusão o metal também pode coagular os óxidos formando escória<sup>17</sup> na superfície, que pode ser facilmente retirada com a ajuda de um raspador antes de ser derramado para o interior do molde. É bastante importante certificar-se que toda a escória, assim como outras impurezas, são impedidas de entrar no molde, pois poderiam causar entupimentos nos canais de alimentação, impossibilitando a entrada do metal, não permitindo, assim, que este chegasse a todas as partes do molde, colocando toda a fundição em risco.

O uso de filtros no momento do enchimento, na boca de alimentação, assim como no sistema de gitagem, é muito recorrente na fundição industrial. Na fundição artística estes não são usuais, mas podem ser utilizados. Existe uma variedade de filtros, sendo que os filtros de fibra<sup>18</sup> e os de espuma cerâmica<sup>19</sup> são os mais adaptáveis e eficientes.

Os filtros de fibra são feitos de tecidos de fibras, essencialmente para utilizar com o alumínio, e de tecidos de vidro refractário, para metais com uma temperatura mais alta, como o bronze e o ferro<sup>20</sup>. No entanto, estes filtros reduzem a pressão do metal ao entrar nos moldes e têm uma eficiência reduzida, podendo ainda entupir e estrangular a entrada do metal na cavidade a preencher. Apesar disso, são os mais adaptáveis, visto que podem ser ajustados ao tamanho necessário e colocados no molde com rapidez pouco antes do vazamento.

---

<sup>14</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 239.

<sup>15</sup> Trad. *oxidizing atmosphere*, Ibid., p. 239.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> Matérias que se separam dos metais durante a fusão.

<sup>18</sup> Trad. *filter cloth*, ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 240.

<sup>19</sup> Trad. *ceramic foam*, Ibid.

<sup>20</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 240.

Os filtros de espuma cerâmica são os mais eficientes<sup>21</sup>, com grande porosidade e superfície para capturar impurezas que possam surgir. Contudo, têm de ser implantados durante a construção do sistema de alimentação e gitagem, e terão de ser impregnados de cera, para que não sejam contaminados com o material em que são realizados os moldes.

O comportamento dos metais varia de metal para metal, tanto no trabalho a frio como a quente. Para além das características anteriormente referidas, quase todos os metais têm pontos de fusão e de ebulição bastante altos, possuem condutibilidade térmica e eléctrica e, dado as suas características de maleabilidade, podem adquirir diversas formas.

Hoje em dia o número de metais existentes é bastante grande, todavia, na escultura são utilizados um número restrito, estando o bronze, o latão e o cobre à frente desta lista.

Os diferentes metais possuem diversos graus de dureza, sendo o chumbo um dos menos duros, passando pelo estanho, alumínio, ouro e cobre, até chegar ao ferro e aço, dois dos metais mais duros utilizados na escultura<sup>22</sup>. Também a ductilidade<sup>23</sup> é um traço importante na caracterização dos metais. A ductilidade não pode ser confundida com a maleabilidade. Um metal que é suficientemente mole e que pode ser facilmente moldado a frio, não é obrigatoriamente dúctil, podendo quebrar-se com o seu manuseio. Entre os mais dúcteis está o ouro, a prata, a platina, o ferro, o níquel, o cobre, o alumínio, o zinco, o estanho e, por fim, o chumbo que é o menos dúctil<sup>24</sup>. Em contrapartida, este último é dos mais maleáveis, a par do ouro e da prata, sendo progressivamente menos maleáveis o cobre, o alumínio, o estanho, o zinco, o ferro e, por último, o níquel. Outra das características dos metais, tida muito em conta na escultura, é o processo de corrosão. Existe uma maior resistência de uns metais relativamente aos outros, contudo, regra geral, as ligas resistem melhor à corrosão do que os metais puros. Para além das ligas, também os metais nobres, como o ouro, a

---

<sup>21</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 240.

<sup>22</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 129.

<sup>23</sup> A ductilidade é a propriedade que representa o grau de deformação que um material suporta até o momento de sua fratura.

<sup>24</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 129.

platina e o paládio são imunes a praticamente todos os reagentes atmosféricos. Entre os mais corrosivos estão o ferro e o zinco, passando pelo estanho, alumínio, chumbo e cobre, até os que não são praticamente corrosivos, como a prata, ouro e platina<sup>25</sup>.

As ligas, que são largamente utilizadas para obter características específicas, são preparadas fundindo em conjunto dois ou mais metais, até formarem uma massa homogênea e uniforme. Nas ligas com metais não ferrosos<sup>26</sup>, o metal com o ponto de fusão mais alto deve ser fundido em primeiro lugar. As ligas adquirem novas propriedades, que diferem das propriedades dos componentes que as formam e que variam consoante os elementos que as constituem. Existem algumas razões para a criação de ligas em detrimento dos metais puros: baixar o ponto de fusão do metal; aumentar a dureza e resistência; aumentar a resistência à corrosão; alterar a cor ou aparência; melhorar as suas características de fundição.

As grandes características, e mais conhecidas, dos metais são a condutibilidade, quer térmica, quer eléctrica, e o brilho. A condutibilidade é a propriedade que os corpos têm de deixar passar através de si, com maior ou menor facilidade, o calor e a electricidade. Em alguns casos, o brilho não pode ser detectado à primeira vista, no entanto, apresenta-se sempre numa superfície recém-cortada, apesar de, em alguns metais, este desaparecer rapidamente, devido ao efeito da oxidação quando exposto ao ambiente atmosférico.

Podemos caracterizar os metais em dois grupos, o materiais ferrosos e os não ferrosos.

### **3.1.1 - Metais ferrosos**

Entende-se como metais ferrosos todos aqueles que contêm ferro. Este é um metal bastante conhecido e utilizado, mas não no seu estado puro. Geralmente, os ferros comerciais possuem, em maior ou menor quantidade, outros elementos como o manganês, o fósforo e o enxofre. O ferro puro é um metal macio, de cor branca

---

<sup>25</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 130.

<sup>26</sup> Os metais são divididos em dois grandes grupos - metais ferrosos e não ferrosos. Os metais ferrosos são todos aqueles que contêm ferro, sendo que os não ferrosos são todos aqueles que não possuem ferro na sua composição.

acinzentada, muito maleável, dúctil e tenaz. Este é difícil de obter em estado puro, sendo mais utilizado em diferentes ligas de ferro, em particular ligas de ferro e carbono, que possuem, para além deste, outros elementos que se apresentam como impurezas ou que são adicionados para conferir características especiais<sup>27</sup>.

As ligas de ferro e carbono podem distinguir-se, essencialmente, em três grupos: ferro comercial, aços e fundições. O primeiro contém menos de 0,25% de carbono, os aços entre 0,25% e 1,7% de carbono, e as fundições têm mais de 1,7% de carbono, podendo chegar até aos 4,5%.

O ferro comercial caracteriza-se, para além do baixo teor de carbono, pela sua incapacidade de endurecimento através da têmpera. Este forja-se com facilidade, podendo soldar-se por si próprio no forjamento, sendo o seu ponto de fusão de, aproximadamente, 1500° C. As impurezas mais comuns são o enxofre, o fósforo e o arsénio. O enxofre, quando é superior a 0,025%, torna o ferro frágil quando quente; em contrapartida, o fósforo e o arsénio tornam o ferro frágil em frio. Se o fósforo for inferior a 0,03% reduz a tenacidade e entre 0,03% e 0,07% o ferro torna-se frágil<sup>28</sup>. Também o silício e o manganês estão contidos no ferro, dando-lhe mais maleabilidade e dureza.

Os aços são ligas de ferro e carbono, onde este último varia entre 0,25% e 1,7%. Estes, ao contrário dos ferros comerciais, possibilitam a têmpera, isto é, o seu endurecimento quando se aquecem a uma determinada temperatura e se arrefecem drasticamente (por exemplo, através da imersão do mesmo em óleo, petróleo ou em água). As suas propriedades mecânicas diferem consoante a quantidade de carbono contida na liga. O silício e o manganês são igualmente elementos existentes na liga, que também influenciam as suas características. Para além destes, são acrescentados outros metais para melhorar as suas propriedades ou conferir propriedades especiais, tais como níquel, crómio, molibdénio, volfrâmio, vanádio, titânio, cobalto, entre outros<sup>29</sup>. Esta variedade de metais que podem ser adicionados, em diferentes quantidades, proporcionam diferentes ligas com diferentes fins e aplicações.

Segundo a sua aplicação, os aços dividem-se em dois grupos: aços-carbono; e aços especiais ou aço liga. Os primeiros, são aqueles em que apenas se consideram o

---

<sup>27</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 8.

<sup>28</sup> *Ibid.*, p. 9.

<sup>29</sup> *Ibid.*, p. 8.

ferro e o carbono como elementos integrantes na composição das ligas, embora contenham pequenas partes de outros elementos, desde que suficientemente pequenas para não influenciarem as suas características. Os aços liga são aqueles que, para além do ferro e do carbono, possuem outros elementos em quantidades significativas para modificar as características dos aços-carbono. Os aços liga podem ainda dividir-se em aços para construção, que são aqueles que se destinam fundamentalmente ao fabrico de máquinas, motores e mecanismos; e os aços liga para ferramentas, cuja aplicação é o fabrico de instrumentos ou ferramentas que trabalhem essencialmente por corte, choque ou percussão<sup>30</sup>.

Aos aços com valores de carbono entre 1,7% e 4,5% designam-se de fundições, como já foi anteriormente referido. Também são conhecidos por ferro fundido ou ferro vazado. Estes possuem um grande número de aplicações, especialmente quando se trata de obter peças com formas complicadas ou de grande dimensão e que não sejam submetidas a grandes esforços de tracção, flexão ou fadiga. Para além do carbono, também possuem valores mais elevados de silício, manganês, fósforo e enxofre. Os dois primeiros, que nos aços-carbono se encontram em forma de impureza, nas fundições encontram-se em quantidades consideráveis, pois são componentes integrantes da liga. Também o fósforo se pode considerar um elemento da liga, conferindo-lhe maior dureza e resistência ao desgaste<sup>31</sup>.

### **3.1.2 - Metais não ferrosos**

Denominam-se metais não ferrosos a todos aqueles em que não haja a presença ferro na sua composição ou quando está presente em pequenas quantidades. Os metais não ferrosos são mais caros, apresentam maior resistência à corrosão e, a baixas temperaturas, menor resistência mecânica e mais baixos pontos de fusão.

São vários os metais, sendo o alumínio, o cobre, o bronze e o latão os mais utilizados na fundição artística.

---

<sup>30</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 10.

<sup>31</sup> *Ibid.*, p. 21.

## Alumínio

Entre os materiais não ferrosos há que dar algum destaque ao alumínio. Este é um metal que, comparativamente ao ferro e ao cobre, é bastante recente. O alumínio é um metal branco e brilhante e, em estado puro, é muito resistente à corrosão pelos agentes atmosféricos. Comparativamente com outros metais, o alumínio possui uma baixa densidade, o que faz com que as suas ligas também assumam esta característica. Este deve ser vazado a uma temperatura aproximada de 730° C, que pode ser medida com um pirómetro<sup>32</sup>, mas pode também ser calculada através da cor do metal, que deverá ser prateada<sup>33</sup>, onde a luz incide, e rosa na borda do cadinho<sup>34</sup>. O alumínio ganha acritude com a deformação a frio, aumentando a sua resistência e o seu limite de elasticidade. A acritude pode ser perdida quando recozido a temperaturas que variam entre os 350° C e os 450° C. Acima destas temperaturas há um sobre-aquecimento que resulta na perda de características. A boa condutibilidade, quer eléctrica, quer térmica, assim como a resistência à corrosão são características a ter em conta no alumínio<sup>35</sup>.

O alumínio raramente é encontrado na escultura do início do século XX, pois os escultores não o consideravam, assim como ao ferro, um material adequado. Era essencialmente utilizado para a indústria da engenharia, em particular para a manufactura de aeronaves e veículos terrestres. Este tem algumas desvantagens relativamente ao bronze, para a utilização em escultura. Um dos grandes problemas é a contracção; outro prende-se com os gases que liberta durante a fundição; e por último, possivelmente o mais relevante para a escultura, está relacionado com a fragilidade do material relativamente ao bronze e ao ferro. A sua soldadura também está longe de ser das mais fáceis, não estando ao alcance de todos, nem de todas as épocas<sup>36</sup>.

O alumínio em estado puro é pouco adequado para fundição, devido à sua grande contracção na solidificação e à dificuldade de vazamento quando fundido. Este metal é geralmente mais utilizado em forma de ligas do que em estado puro. A estas ligas dá-se o nome de ligas leves, devido ao seu baixo peso efectivo. Existe uma

---

<sup>32</sup> Termómetro para avaliar as altas temperaturas.

<sup>33</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 241.

<sup>34</sup> Recipiente em material refractário, utilizado para a fusão dos metais a altas temperaturas.

<sup>35</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 27.

<sup>36</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 162.

grande variedade de ligas de alumínio, com pequenas quantidades de outros metais, com características muito próprias e específicas. Os metais mais utilizados para este fim são o cobre, o zinco, o silício, o níquel, o manganês, o titânio e o magnésio. Cada metal influencia as características finais da liga, mediante as suas particularidades e a sua quantidade.

O cobre é um dos elementos que aumenta, em grande medida, a resistência mecânica do alumínio, assim como a sua vazabilidade. No entanto, diminui a sua resistência à corrosão.

O zinco, mais do que o cobre, aumenta a vazabilidade das ligas, mas diminui as suas características mecânicas, em particular a sua resistência ao choque, tornando as ligas mais frágeis.

O silício emprega-se com percentagens que variam entre os 9% e os 12%, aumentando exponencialmente a vazabilidade, produzindo as ligas que comercialmente são designadas por silumínios.<sup>37</sup>

O níquel utiliza-se para obter ligas de grande resistência, mas diminui a sua vazabilidade e a sua resistência à corrosão.

O manganês aumenta drasticamente a resistência à corrosão e melhora as características mecânicas.

O titânio aumenta a resistência à fadiga.

O magnésio, em conjunto com o alumínio, cria uma ampla gama de ligas. Este melhora a resistência à corrosão, no entanto, não o suficiente contra o ataque da água e da humidade, pelo que terá de ser tratado convenientemente. Também há a possibilidade de criar ligas onde o magnésio é o elemento dominante, criando assim ligas ultra-leves<sup>38</sup>, pois este tem uma densidade inferior à do alumínio.

O magnésio emprega-se principalmente em ligas com alumínio, zinco e manganês, obtendo ligas que genericamente se chamam de *eléctron*<sup>39</sup>. Estas ligas não possuem características mecânicas tão elevadas como o alumínio, no entanto, possuem uma particularidade notável que consiste na leveza do seu peso específico. Estas ligas não são deformáveis a frio e contraem bastante ao solidificar, o que as

---

<sup>37</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 29.

<sup>38</sup> Ibid.

<sup>39</sup> Ibid., p. 35.

torna pouco aptas para a sua utilização sob a forma de peças fundidas.

O alumínio é especialmente propenso a captar hidrogénio durante a fusão e a expeli-lo durante a solidificação<sup>40</sup>, podendo originar orifícios nas peças fundidas. O hidrogénio será captado, independentemente das precauções utilizadas. A desgasificação é utilizada em meios industriais, mas não é recomendada para a fundição artística. Porém, os efeitos dos gases poderão ser controlados através do método de arrefecimento<sup>41</sup>. Um arrefecimento lento permite que o gás forme bolhas sob a superfície do metal, que podem ser reveladas com os acabamentos e polimentos aplicados ao metal. Um rápido arrefecimento, em contrapartida, assegura que o gás se mantém em pequenas partículas e bem disperso. Todavia, o rápido arrefecimento só será possível consoante o tipo de moldes utilizados.

### Cobre

O cobre é um material metálico, bastante utilizado, quer como metal puro, quer formando ligas, estando também dentro dos materiais não ferrosos. É um metal vermelho brilhante, macio e bastante menos resistente que o ferro. Pode adquirir dureza mediante um tratamento mecânico de deformação a frio. A sua temperatura de recozimento contra a acritude é de 600° C. É bastante dúctil e maleável, sendo também um bom condutor eléctrico e térmico.

O cobre possibilita uma grande variedade de ligas, com propriedades e características diferentes, mediante o elemento ou elementos que as constituem e as suas proporções. Os metais mais utilizados na formação de ligas de cobre são: o estanho, que dará lugar aos bronzes; o zinco, que forma os latões; e o alumínio, que, em quantidades inferiores a 12%, dá origem aos bronzes de alumínio ou *cupro-alumínios*<sup>42</sup>, bastante utilizados hoje em dia.

Existem outros metais que também são utilizados juntamente com o cobre, todavia, em menor quantidade e em muitos casos como elementos de adição nos bronzes e nos latões, como o chumbo, o silício, o níquel, o manganês e o berílio. Este

---

<sup>40</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 241.

<sup>41</sup> Ibid.

<sup>42</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 36.

último, numa proporção de 2%, forma os *bronzes ao berílio*<sup>43</sup>, com grandes características mecânicas e grande condutibilidade eléctrica.

## Bronze

O bronze é uma liga que surge como um dos materiais mais utilizados em toda a escultura. A sua grande popularidade deve-se às múltiplas características, como a sua força estrutural, a grande resistência à corrosão dos meios atmosféricos, a facilidade de fundição e a superfície que permite bons acabamentos e boas aplicações de patinas.

O bronze, mediante o tipo de liga utilizada, funde a uma temperatura aproximada que varia entre os 1020° C e os 1250° C. Esta temperatura deverá ser medida com um pirómetro, mas poderá ser calculada por estimativa quando a cor do metal estiver perto de um amarelo pálido. Também é possível estimar a temperatura exacta para o vazamento quando se mergulhar uma vara de metal dentro do cadinho e, ao retirar, esta vier limpa. Se a vara vier com metal agarrado significa que este ainda está frio<sup>44</sup>.

Como já foi referido anteriormente, o bronze é uma liga de cobre e estanho, na qual, em alguns casos, são acrescentadas pequenas quantidades de outros metais que aumentam características relacionadas com a aparência, resistência e resistência à corrosão. As quantidades dos componentes variam mediante os fins para que a liga é produzida, sendo que essas proporções influenciam as suas propriedades físicas. A liga de bronze varia de cor desde o prateado puro, resultado de uma grande quantidade de estanho, até a um amarelo-dourado, fruto de uma maior quantidade de cobre. Uma das ligas mais antigas e populares é composta por 88% de cobre, 10% de estanho e 2% de zinco<sup>45</sup>, muito utilizada em projectos artísticos e de arquitectura. A sua resistência é elevada, de textura fina, possui grande capacidade de protecção contra a corrosão e proporciona um excelente acabamento.

Nas últimas décadas, começou-se a generalizar o uso do *silicon-bronze* em trabalhos artísticos. Existem diferentes ligas de *silicon-bronze* disponíveis no mercado, sendo que a mais utilizada é a que contém 94,5% de cobre, 4% de sílica e

---

<sup>43</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 36.

<sup>44</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 242.

<sup>45</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 135.

1,5% de ferro<sup>46</sup>. Esta liga é compatível com qualquer liga de latão ou de bronze, embora, ao fundir diversas ligas em simultâneo, se deva evitar a contaminação, devendo-se utilizar diferentes cadinhos. O *silicon-bronze* pode ser facilmente soldado, inclusive com aço.

Os bronzes nos quais o estanho é inferior a 9% trabalham-se com facilidade a frio, visto que são mais macios. Deste modo, tornam-se mais adequados para cunhagem e fundição.

Com uma percentagem entre 9% e 25% de estanho, os bronzes tornam-se mais duros e a sua deformação terá de ser feita a quente. A sua resistência varia mediante o seu teor de estanho, sendo indicados para fundição e para forjamentos. Todavia, quando o intervalo varia apenas entre 9% e 12% de estanho, as peças são utilizadas para fins onde não são sujeitas a grandes esforços. Os bronzes com mais de 20% de estanho, até um máximo de 30%, são amplamente utilizados nas fundição de sinos, estátuas e outras fundições<sup>47</sup>.

Os bronzes com mais de 13% de estanho podem ser temperados a temperaturas superiores a 500° C. A têmpera torna a liga mais macia, dúctil e maleável, permitindo, deste modo, o trabalho a frio. Porém, quando expostos a uma deformação a frio endurecem por adquirirem acritude. Para adquirir maleabilidade basta retemperar e deixar arrefecer lentamente.

Para melhorar as características do bronze podem ser adicionados outros elementos como chumbo, níquel, zinco, alumínio, silício e manganês. O chumbo tem como função baixar o ponto de fusão, assim como torná-lo mais mole. Com a adição de níquel pode aumentar-se a percentagem de chumbo, ampliando-se, conseqüentemente, a plasticidade do material. O zinco, o níquel e o silício melhoram as características de resistência ao desgaste. O silício aumenta a dureza e o níquel a resistência à corrosão. O manganês amplia consideravelmente a resistência à corrosão, podendo ser adicionado, sozinho ou em conjunto, com outros metais.

O alumínio tem vindo a ser cada vez mais utilizado, juntamente com o cobre,

---

<sup>46</sup> AMMEN, C. W. - **The Complete handbook of Sand Casting**. New York : McGraw-Hill, 1979, p. 188.

<sup>47</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976, p. 38.

formando o *bronze ao alumínio*<sup>48</sup>. Aqui, o estanho é substituído pelo alumínio, o qual raramente excede os 10% a 12% no total da liga. Ao ultrapassar os 12% as ligas resultantes são demasiado frágeis. Este metal tem uma coloração mais clara que o habitual e o seu ponto de fusão é mais baixo. Resiste melhor à corrosão e possui maior resistência à tracção. O *bronze ao alumínio* tem características físicas superiores à liga de cobre e estanho, sendo muito resistente, podendo a forja incrementar essas características. Com um teor de alumínio inferior a 8%, trabalha-se bem por deformação a frio. Neste caso, pode recozer-se a temperaturas entre os 780° C e os 800° C<sup>49</sup>, para destruir a sua acritude.

O bronze possui características de contracção e de ocupação de espaço diferentes dos elementos que o constituem. Isto deve-se à interpenetração dos átomos dos seus constituintes<sup>50</sup>. A liga é mais resistente fisicamente do que o cobre e o estanho puros. O escultor deverá ter em consideração que, quando modelar uma peça que pretende passar a um metal, esta irá contrair-se e, conseqüentemente, ficar mais pequena que o original que foi modelado.

Quando a liga de bronze é arrefecida lentamente torna-se mais dura e brilhante. No entanto, se tiver um arrefecimento rápido, mantém-se macio e maleável<sup>51</sup>. A temperatura afecta o bronze num sentido oposto ao que afecta o aço.

A utilização do bronze como material de fundição permite um trabalho detalhado e complexo, sendo que a sua plasticidade e resistência abrem novas possibilidades que os escultores não teriam com a madeira ou com a pedra.

O bronze atinge todas as partes dos moldes, quando fundido, de um modo superior ao cobre puro.

## Latão

O latão é uma liga importante na escultura, sendo composto de cobre e zinco. A percentagem máxima de zinco é de 45%, dado que as ligas com percentagem superior de zinco tornam-se mais frágeis. Os latões com menos de 36% de zinco são bastante

---

<sup>48</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 133.

<sup>49</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976. p. 38.

<sup>50</sup> RICH, Jack C. - op. cit., p. 136.

<sup>51</sup> Ibid.

maleáveis, ideais para o trabalho a frio. Com uma percentagem entre os 36% e os 45% de zinco, a liga não se deforma com facilidade a frio, tendo que ser aquecida para esse efeito<sup>52</sup>.

A cor habitual nos latões é o amarelo-dourado, mas ao aumentar a percentagem de cobre a sua coloração torna-se mais escura. O zinco torna a liga mais dura, frágil e de cor mais clara. Quando a liga tem uma percentagem entre 15% e 25% de zinco, o latão terá uma cor dourada e será bastante maleável. Ao ser trabalhado a frio, o latão torna-se mais rijo, isto é, ganha acritude, bastando ser recozido para que volte às características iniciais.

Existe uma grande variedade de latões, sendo um deles conhecido por *bronze-fino*<sup>53</sup> para fundição. Este é composto por 90% de cobre, 7% de zinco, 2% de estanho e 1% de chumbo<sup>54</sup>, aplicando-se essencialmente a trabalhos de fundição.

O latão é uma liga mais resistente que o cobre, assume bons acabamentos e possui maior protecção à corrosão atmosférica, embora a superfície comece a manchar se não for adequadamente protegida. Esta prevenção poderá ser feita apenas com uma simples cera. É uma liga que se mantém brilhante, polida e limpa sem necessidade de patinas.

### **3.2 - Técnicas de fundição**

De um modo geral podemos identificar, essencialmente, dois métodos de fundição artística, como afirma Machado de Castro e Francisco Assis Rodrigues. A técnica de cera perdida e o método das areias. A primeira é aplicada a peças com grande complexidade de detalhes e textura; em oposição ao método das areias que se destina a obras de textura simples. Muitas das peças de grande formato são fundidas em diversas secções, que são posteriormente soldadas e rectificadas de modo a formarem uma peça única.

---

<sup>52</sup> **Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976. p. 39.

<sup>53</sup> Trad. *fine casting brass*, RICH, Jack C. – op. cit., p. 134.

<sup>54</sup> Ibid.

### 3.2.1 - Areias

O processo de fundição em areia abrange um variado conjunto de técnicas. No entanto, a mais utilizada, hoje em dia, na escultura consiste na técnica do silicato de sódio com areias de sílica. Apesar da grande tradição de fundição em areia, especialmente em Inglaterra e França<sup>55</sup>, praticamente nenhuma fundição artística utiliza actualmente o processo de areia verde, sendo apenas utilizado em pequenas oficinas. Todavia, esta técnica esteve na origem do processo do silicato de sódio.

#### Areias verdes

O nome de areias verdes é proveniente, não da sua cor, mas dos elementos que a constituem, que são de origem natural. É uma técnica muito antiga, que foi utilizada essencialmente a um nível artesanal até ao Renascimento, passando a ter um carácter industrial no século XVII, onde atinge toda a sua força com a produção em série<sup>56</sup>. As areias sintéticas vieram substituir as areias verdes. A grande procura por parte das indústrias levou à escassez dos depósitos naturais. Para além disso, a indústria necessitava de uma variedade de possibilidades que as areias verdes não permitiam, pelo menos ao ritmo exigido.

O processo das areias secas<sup>57</sup> é em muito semelhante ao processo das areias verdes, porém, mais fiável e mais resistente. A grande desvantagem está essencialmente relacionado com os custos. É um processo onde os moldes são cozidos e por isso têm que conter maior percentagem de argila. Os moldes são cozidos a baixas temperaturas, aproximadamente 200° C<sup>58</sup>, para que a humidade lhe seja retirada e a areia fixe pela cozedura da argila.

As areias verdes, assim como as areias secas, permanecem, essencialmente, em

---

<sup>55</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p.69.

<sup>56</sup> CRUZ, Antonio Sorroche - **Nuevas tácticas y nuevos materiales en la fundición escultórica actual - El uso del poliestireno expandido**. Granada : [s.n.], 1998, p.56.

<sup>57</sup> É um processo onde os moldes são cozidos depois de executados. Têm uma maior percentagem de argila e cozem a uma temperatura de aproximadamente 200° C. HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 172.

<sup>58</sup> Ibid., p. 72.

países com economias mais pobres, como alguns países africanos, asiáticos e da América do Sul<sup>59</sup>. Porém, continuam a ser utilizadas, em casos particulares, em países mais ricos da Europa, nordeste asiático e América do Norte, onde outras tecnologias mais actuais se desenvolveram.

Os moldes em areia verde têm grandes vantagens, pois são bastante versáteis, podem ser reutilizados inúmeras vezes e adequam-se a vários tipos de metais e ligas. Todavia, a maior virtude é que a areia é barata e pode ser utilizada vezes sem conta. Os moldes de areia verde usam areia natural combinada com argila e água. A argila, que funciona como aglutinante, é usada em percentagens que variam entre 5% e 15%, e a água numa percentagem aproximada de 5%<sup>60</sup>. Estes valores oscilam de acordo com o tipo de argila e com o tipo de grão da areia. Em algumas casos a argila encontra-se misturada nas areias naturais. Quando isto acontece, numa percentagem superior a 5%<sup>61</sup>, considera-se suficiente, sendo apenas necessária a adição de água.

As areias utilizadas na realização dos moldes para a fundição, devem apresentar características essenciais para um bom desempenho. Estas devem ter uma boa estabilidade térmica, não reagir quimicamente com o metal fundido, não apresentar uma fácil molhabilidade em contacto com o metal fundido, não conter elementos que gerem gases quando expostos a altas temperaturas e possuir uma composição uniforme<sup>62</sup>.

O tipo de areia e o seu grão afectam em grande medida características como a refractabilidade, a permeabilidade e a expansão dos moldes. O grão é essencial na qualidade da superfície da peça fundida. As areias de grão fino têm como resultado um melhor acabamento das superfícies, porém, reduzem a permeabilidade, aumentando assim a necessidade de mais aglutinante, pois apresentam uma maior superfície específica. A pureza das areias irá influenciar a refractabilidade. A existência de sais de sódio e potássio ou de óxido de ferro nas areias poderá reduzir a capacidade de refração, levando à destruição dos moldes, ou à inclusão das areias por parte do metal fundido<sup>63</sup>.

---

<sup>59</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 72.

<sup>60</sup> Ibid.

<sup>61</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p. 25.

<sup>62</sup> Ibid.

<sup>63</sup> Ibid.

Outra característica importante nos moldes em areia é a permeabilidade, isto é, a capacidade que estes possuem de libertarem os gases através dos seus poros. As areias mais grossas apresentam poros mais largos, pelos quais os gases são rapidamente expelidos, revelando assim uma elevada permeabilidade. Ao invés, os grãos mais finos possuem poros mais pequenos, dificultando, assim, a saída dos gases, diz-se então que possuem uma baixa permeabilidade<sup>64</sup>. Há que fazer uma escolha entre a permeabilidade e a rugosidade da superfície. Um grão mais grosso terá uma maior permeabilidade e uma menor qualidade de superfície, ao contrário do grão mais fino, que terá uma menor permeabilidade e uma maior qualidade de superfície.

A natureza proporciona em quantidades significativas os ingredientes essenciais para a criação destes moldes. A areia, o elemento básico de toda a mistura, é formada geologicamente, tendo origem mineral, dividindo-se em pequenos grãos por erosão. Antes de ser utilizada deve ser tratada, retiradas as impurezas, e devem ser desfeitos todos os grânulos antes de se misturar com os restantes elementos. Depois de ser utilizada a areia irá secar, devido a todo o processo, todavia poderá ser utilizada inúmeras vezes. O ideal é ter um moinho de areia, ou uma peneira, para que esta volte a adquirir as características iniciais e para separá-la de possíveis resíduos e impurezas. Em seguida, deve-se acrescentar a humidade perdida, sendo que deve ser armazenada num local estanque. Para adicionar a humidade perdida, a areia deve ser espalhada e regada uniformemente. De seguida, deve ser bem misturada, para que a humidade seja homogénea em toda a sua área.

Com as diversas utilizações, as características da areia deterioram-se, porém esta pode ser regenerada com o acréscimo, de areia nova e aglutinante<sup>65</sup>. Quando for necessário este acréscimo, a areia deve ser espalhada de forma homogénea e acrescentados os novos componentes, que devem ser bem misturados, eventualmente com o auxílio de uma betoneira.

A água é um elemento extremamente importante na composição das areias verdes. Esta irá ajudar o aglutinante a manter toda a areia compacta de modo a exercer do melhor modo a sua função. É difícil calcular com exactidão a quantidade ideal de água, mas esta deve variar entre os 3% e os 8% (1 L de água para 50 Kg de

---

<sup>64</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p. 25.

<sup>65</sup> ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**. Poole : Special Interest Model Books, 1988, p. 23.

areia poderá ser uma medida segura para a mistura<sup>66</sup>). A excessiva quantidade de água apenas irá causar danos.

A grande desvantagem dos moldes em areia verde é que esta liberta humidade. A quantidade de água presente em toda a mistura, incluindo a água da argila, pode ter resultados graves. A humidade deve ser cuidadosamente controlada na fundição, a fim de evitar defeitos como bolhas e buracos, quando existe demasiada água, ou que os moldes se tornarem frágeis e quebradiços, quando estes têm pouca humidade. A experiência será a melhor maneira de identificar a quantidade exacta de água para a preparação da areia. Existem alguns testes que poderão ajudar a aferir as quantidades mais correctas dos vários elementos.

Uma das formas de testar a qualidade das areias é agarrar num pedaço da areia e apertar na mão. Esta deve adquirir a forma do interior da mão, dando a conhecer todas as linhas e detalhes da mesma<sup>67</sup>. Ao quebrar um pedaço de areia compacto, esta deve quebrar apenas num local e de modo limpo sem que a areia se desfaça.

Se a areia estiver muito seca, ou com falta de aglutinante, não adquirirá a forma que se pretende, nem aguentará sem a ajuda da estrutura que a suporta. Se no final a caixa de fundição estiver cheia e esta for virada para baixo e a areia se soltar, é um sinal de que a areia necessita de água ou aglutinante e não estará em condições de se utilizar para a fundição<sup>68</sup>.

A água em excesso será mais difícil de detectar do que a sua falta. Água a mais irá causar, na melhor das hipóteses, falhas no metal fundido ou uma erupção do metal quando este entrar em contacto com a humidade que o molde contiver, o que poderá ser bastante perigoso para quem estiver por perto.

Existem muitas variedades de areias. Diferentes metais, assim como diferentes técnicas de fundição, exigem diferentes tipos de areia. Não só existe uma variedade imensa de areias naturais, como, hoje em dia, existe um sem número de areias sintéticas e areias rígidas<sup>69</sup>. As areias rígidas são as que utilizam a resina como aglutinante, em vez da argila.

---

<sup>66</sup> ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**, p. 24.

<sup>67</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 74.

<sup>68</sup> ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**, p. 24.

<sup>69</sup> Trad. *Rigid sandes*, HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 118.

A base da areia é o quartzo. É um dos minerais mais abundantes da Terra, muito resistente, que não altera as suas propriedades com facilidade. O feldspato também está presente na composição das areias, embora sofra reacções químicas com facilidade. As rochas contêm pequenas proporções de outros minerais<sup>70</sup>, tais como turmalina, granada, apatita, zircão, rutilo, magnetita, ilmenita, entre outros. Alguns deste minerais, como o zircão, possuem grandes propriedades refractárias.

Os tipos de areias verdes mais utilizados na fundição artística são as areias naturais e as areias de sílica. Existem outros tipos, como as areias de zircão, cromite e olivina. Estas são, essencialmente, utilizadas para fundições específicas de ferro e aço. São bastante dispendiosas e não são utilizadas na fundição artística.

Existem diferentes tipos de areia natural e, geralmente, adquirem o nome geográfico da sua proveniência. Belfast Red, Erith Yellow Sand, Clyde Rock Sand, Glenboig Silica Sand, Glasgow Building Chips Sand são apenas alguns exemplos de areias naturais que se apropriaram do nome do local de onde foram extraídas.

A areia natural é ideal para os moldes de areias verdes, sendo apenas necessário retirar-lhe as impurezas. Adicionando as quantidades correctas de água, a areia fica pronta para todo o processo de moldação. Esta contém entre 4% e 10% de argila<sup>71</sup>. A argila exerce a função de aglutinante e quanto maior for a quantidade de argila, mais força terá toda a mistura, mas menos permeável será.

De um modo geral, todas as areias contêm sílica na sua composição, à excepção da areia de zircão. Entenda-se por areias de sílica, areias que são lavadas, livres de argila e de qualquer outra impureza. Maior percentagem de sílica aumenta a refractabilidade, que pode diminuir com o aumento de impurezas, como o óxido de ferro. A sílica pura funde a uma temperatura de aproximadamente 1710° C<sup>72</sup>, todavia, é difícil de calcular a temperatura de fusão das areias de sílica devido às impurezas químicas que estas contêm.

Para a fundição de cobre ou alumínio, a areia é composta por grãos mais finos do que a utilizada para a fundição de metais com pontos de fusão mais elevados,

---

<sup>70</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 119.

<sup>71</sup> Ibid., p. 121.

<sup>72</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p.25.

como o ferro. Uma areia de grão fino necessita de uma maior quantidade de aglutinante, mas possui uma menor capacidade refractária. Porém, quanto mais aglutinante a mistura possuir, menos permeável será, impossibilitando a saída dos gases, correndo o risco de causar defeitos nas peças fundidas.

O facto de as ligas com maior ponto de fusão necessitarem de um grão de areia mais grosso, para que sejam mais permeáveis e com isso libertem com mais facilidade os gases, faz com que o acabamento superficial seja mais deficitário. Para contornar esta situação é misturado pó de carvão ou pedaços de breu<sup>73</sup> com a areia, que irá ficar em contacto com a superfície da peça. Esta mistura melhorará a superfície, quando o pó de carvão aquecido se transformar em grafite, melhorando a textura e ajudando na extracção do molde.

A argila é um elemento fundamental na preparação das areias. É o elemento que permite que toda a areia permaneça junta e compacta. Esta deverá ter algumas características, tais como: não deve perder a humidade a baixas temperaturas; deve ter boas qualidades refractárias; e deve ser reutilizável. Contudo, será difícil conciliar todas as características numa única argila.

Para a fundição, as argilas mais importantes são as de caulino, bentonite, caulínica e argila refratária<sup>74</sup>. As argilas caulínicas são mais plásticas e menos eficientes como aglutinante, porém, a sua refractabilidade é superior à da bentonite. A argila refratária é áspera, arenosa e granulosa, é excelente ao nível da refractabilidade, mas não tão bom como aglutinante. O caulino, bem como a bentonite, são bastante finos, pois são compostos por pequenas partículas de quartzo, feldspato e mica. A bentonite será a argila mais utilizada dentro da tecnologia da fundição. É mais plástica que todas as outras argilas, possuindo grande força mecânica.

O primeiro passo para a execução de uma fundição é a realização do modelo que se pretende fundir. Este poderá ser feito em diversos materiais, desde que seja suficientemente resistente para não sofrer deformações durante a produção dos

---

<sup>73</sup> Trad. *pelleted pitch*, HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 126.

<sup>74</sup> Trad. *fire clay*, Ibid., p. 127.

moldes. O modelo poderá ser de madeira, plástico, metal ou gesso<sup>75</sup>. Este último é dos mais utilizados para este fim. Por ser um material poroso, o gesso necessita de ser devidamente tratado para assegurar que não irá absorver nenhuma humidade. Este tratamento poderá ser feito com goma-laca ou simplesmente com cera.

Seguidamente, impoem-se a execução dos moldes. Para tal, são necessárias caixas de fundição. Estas apenas possuem paredes laterais e podem ser utilizadas várias, ou no mínimo duas, dependendo da peça e do tipo de fundição em causa. São geralmente de ferro, mas também podem ser de madeira. Estas últimas são mais económicas, porém menos resistentes e duradouras, com grandes possibilidades de se incendiarem durante o enchimento do moldes com o metal. As caixas de madeira são muitas vezes construídas em madeira de cerejeira<sup>76</sup> pelas suas grandes propriedades físicas e mecânicas. A vantagem de utilizar múltiplas caixas prende-se com a dimensão do objecto a fundir, facilitando a calção. As caixas têm de possuir a capacidade de serem agrupadas umas às outras, devendo ser resistentes, estáveis e sólidas o suficiente para manterem sempre a sua forma, pois isso será fundamental para não comprometer todo o molde. Para que possam ser acopladas, estas devem ter um sistema de encaixe e possuir pinos (ou pernes). O sistema de encaixe, assim como os pinos, podem ter uma variedade de configurações e formas. Estes elementos, apesar da sua configuração, devem assegurar que as caixas permanecem alinhadas e bem acopladas durante todo o processo. Devem ser fixas umas às outras com um sistema forte que resista a toda a tensão exercida no seu interior (**Fig. 1**). Os grampos são uma escolha económica e eficaz.

As caixas também devem ter pegas de modo a serem manuseadas por duas pessoas de forma segura, uma vez que podem atingir um peso considerável. Estas, podem ainda ter a capacidade de se poderem abrir<sup>77</sup>. Num dos quatro cantos da caixa é colocada uma dobradiça e no canto oposto é colocado um fecho (**Fig. 2**). Este sistema vai permitir uma utilização normal da caixa e que no final ela se abra e liberte o molde de areia sem o perigo de o danificar. Estas caixas são extremamente úteis quando se realiza inúmeros moldes em simultâneo, podendo utilizar sempre a mesma caixa, tornando todo o processo economicamente mais rentável. A utilização de

---

<sup>75</sup> RICH, Jack C. - op. cit., p. 141.

<sup>76</sup> AMMEN, C. W. - op. cit., p. 54.

<sup>77</sup> Ibid.

caixas que se possam abrir também pode ser útil para fazer o vazamento na vertical (**Fig. 3**). Ao invés da abertura na diagonal, a caixa pode permitir a saída de, apenas, uma das paredes, facilitando o acesso ao interior do molde e possibilitando o vazamento do metal fundido.

Se a intenção for manter a areia nas caixas durante todo o processo, estas devem ser rugosas ou possuir sulcos que impeçam que a areia se solte. Os sulcos asseguram que a areia não cai durante o transporte. No entanto, o recomendável é transportar os moldes de areia sobre uma placa de madeira. As caixas de madeira devem ser reforçadas<sup>78</sup>, pois a areia é pesada e será imposta bastante pressão para que a mesma fique devidamente compactada. Também o peso do metal fundido deve ser tido em conta.

As dimensões, assim como as formas das caixas, podem variar mediante a natureza do trabalho, assegurando sempre uma boa resistência de toda a estrutura.

Após as caixas de fundição estarem prontas é altura para fazer o enchimento das mesmas. A primeira caixa a ser preenchida é a caixa que, no final de todo o processo, irá ficar por cima. Esta deve ser colocada sobre uma placa de madeira lisa e limpa. Seguidamente, deve ser preenchida com areia, que tem de ser devidamente calcada para que não existam partes moles na areia. Esta primeira areia não necessita de ter grandes características ou qualidades refractárias, uma vez que irá ser retirada e substituída mais tarde. Esta servirá apenas para fazer o apoio para o modelo e para assegurar que o meio da peça é bem calculado. Depois disto, a peça deve ser incrustada na areia até meio. Neste processo é importante assegurar que a peça não tem prisões<sup>79</sup> visto que a intenção é retirá-la. Ao colocar a peça na areia é necessário verificar se não existem zonas em que falte areia e se esta está bem comprimida.

Quando o modelo não é de vulto perfeito, isto é, quando uma das partes é completamente lisa, não há a necessidade de realizar esta fase inicial (**Fig. 4**). A realização dos moldes poderá ser directa, iniciando logo com as areias verdes. Porém a escultura, na sua grande maioria, é de vulto perfeito, implicando assim outro tipo de atenção. Se houver a possibilidade de dividir o modelo e colar ambas as metades, em

---

<sup>78</sup> ASPIN, B. Terry – **Foundrywork for the Amateur**, p. 34.

<sup>79</sup> Parte da peça, que pela rigidez do material e pela sua forma, seja difícil que esta seja retirada do molde sem prejuízo.

placas de madeira, o molde também poderá ser directo<sup>80</sup>. Caso contrário, será necessário assegurar que o modelo será dividido exactamente pela sua metade e que, ao ser retirado dos moldes, não irá criar nenhuma resistência. Para se certificar que a peça é bem dividida, é necessário realizar um primeiro molde antes de iniciar os moldes finais. Este vai ajudar a encontrar com mais precisão a linha divisora do modelo.

Como em toda a tecnologia da fundição, não existem regras rígidas na sua execução. Esta é realizada, por cada autor, da maneira que lhe for mais conveniente e mais eficaz para o fim a que se destina. As técnicas exploram-se e adquirem-se por experimentação, levando a inúmeras possibilidades. Isto leva a que, diferentes autores, tenham diferentes abordagens de técnicas semelhantes. Autores como Steve Hurst (1932) defende que este primeiro passo é fundamental para aferir, com precisão, o meio da peça. No entanto, outros autores como B. Terry Aspin, ou C. W. Ammen não mencionam esta necessidade, fazendo directamente o molde final.

A peça deverá ficar, no mínimo, a uma distância de 12 mm<sup>81</sup> das paredes da caixa de fundição, para que não haja o risco de colapso no momento do vazamento do metal fundido.

O próximo passo é polvilhar o modelo e toda a areia com pó desmoldante. Este irá permitir que as duas partes se separem facilmente, sem que as areias se agarrem uma à outra, usando habitualmente para este fim o giz francês<sup>82</sup>. O pó desmoldante deve ser colocado com alguma prudência. Se for em excesso pode pôr em causa a definição do objecto, e se carecer as duas metades ficarão unidas, inviabilizando todo o molde. O pó desmoldante terá de ser posto uniformemente em toda a zona exposta, sendo que a percepção da quantidade exacta se irá apurando com a experiência.

Seguidamente, é acoplada a segunda caixa. Esta é cheia com as areias verdes com as características necessárias à fundição. Na realização dos moldes poderão ser utilizados dois tipos de areias<sup>83</sup>. Uma de grão fino e outra de grão mais grosso e, conseqüentemente, com mais capacidade refractária. A areia de grão mais fino apenas

---

<sup>80</sup> Ver, ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry**. Poole : Special Interest Model Books, 2006, pp. 27-38.

<sup>81</sup> Ibid., p. 67.

<sup>82</sup> Trad. *french chalk*, HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, pp. 327-328.

<sup>83</sup> Ibid., p. 82.

ficará em contacto com o modelo, para que a peça fundida tenha uma boa textura. Esta areia poderá ser peneirada directamente para a peça<sup>84</sup>, assegurando assim que nenhum resíduo ou impureza entra em contacto com a mesma. Ao invés, o resto do molde será preenchido com areia de grão mais grosso, que, para além de possuir maior refractabilidade, é mais poroso, permitindo uma melhor libertação dos gases.

A areia é adicionada à mão e calcada com cuidado, para que não haja movimentação do objecto anteriormente primido. Quando a caixa estiver cheia, a areia deve ser alisada de modo a que não ultrapasse os limites da mesma. Este processo pode ser realizado com uma régua de madeira (**Fig. 5**), que assegurará que a areia fique com a mesma altura que a caixa. Após a segunda metade do molde estar finalizada, este deve ser aberto com cuidado, tendo particular atenção às zonas que estão em contacto com o modelo, para que não fiquem danificadas e não causem imperfeições na peça fundida.

A caixa que foi primeiramente cheia com areia sem grandes qualidades de fundição, poderá ser agora esvaziada. Esta, agora vazia, será acoplada novamente à caixa que se mantém atestada com areia verde. Nesta etapa, é necessário colocar um elemento de forma cilíndrica (**Fig. 7**), que poderá ser um tubo de metal, plástico ou de madeira. Este irá dar lugar ao canal de alimentação, por onde irá passar o metal fundido até à peça. Deverá ser colocado no melhor local para realizar, de forma eficaz, o enchimento de toda a peça. Existe uma infinidade de possibilidades para a colocação do sistema de alimentação, sendo impossível criar soluções objectivas, pois esta é uma matéria que deve ser analisada mediante o respectivo trabalho. O objectivo do sistema é permitir que o metal fundido entre em todas as partes do molde com a maior rapidez e com a mínima interferência, para que não existam deformações no arrefecimento. O metal fundido irá solidificar das zonas mais finas, para as zonas que possuem mais metal<sup>85</sup>. Devido a este factor, o canal de alimentação deverá ser posicionado na zona de mais lenta solidificação. O alimentador deverá ser, pelo menos, três vezes mais largo que o respirador, caso haja necessidade de o colocar, e não deve ter zonas de estrangulamento que impeçam a correcta circulação do metal. O sistema de alimentação deverá permitir a rápida entrada do metal, mas sem provocar demasiada turbulência. Deve-se evitar que os canais de enchimento confluem

---

<sup>84</sup> ASPIN, B. Terry – **Foundrywork for the Amateur**, p. 68.

<sup>85</sup> AMMEN, C. W. – op. cit., p. 148.

directamente para o núcleo de areia colocado no interior do molde, caso este exista.

Assim, o local do canal de alimentação irá depender, em grande medida, da forma do modelo. Este não deverá ser colocado demasiado perto, pois pode enfraquecer as paredes do molde e colapsar, estrangulando a entrada do metal, nem muito longe, pois o metal poderá arrefecer durante o percurso e não cobrir todas as zonas do molde<sup>86</sup>.

É conveniente que o cilindro seja cuidadosamente cravado na caixa cheia de areia para que fique seguro e estável. Não deverá tocar directamente no modelo, pois essa ligação irá ser feita, posteriormente, quando o processo de enchimento da caixa terminar e as caixas forem abertas. Essa ligação, entre o canal e a peça, será escavada de modo a que o canal de alimentação se ligue ao espaço vazio deixado pelo modelo (**Fig. 12**).

Existem autores como Jack C. Rich<sup>87</sup> e António Sorroche Cruz<sup>88</sup>, que divergem desta opinião, defendendo que o canal de alimentação deverá ser aberto à posteriori.

O passo seguinte é polvilhar novamente todas as zonas expostas com pó de desmoldar (**Fig. 8**) e preencher toda a caixa com areia, comprimindo-a uniformemente com cuidado para que nenhum dos elementos se mova durante a operação.

Depois das caixas estarem cheias e a areia excedente retirada, deve-se criar um sistema de ventilação. Como as areias são largamente permeáveis, o sistema de ventilação é bastante simples. Este deve ser realizado, cuidadosamente, com uma vareta fina de metal que deve ser penetrada no molde sem atingir o modelo<sup>89</sup> (**Fig. 6**). Estes pequenos orifícios devem ser variados com algum espaçamento entre si, para permitir que os gases produzidos durante a fundição possam sair com facilidade. Este procedimento deve ser repetido em ambas as caixas. Em casos mais complexos, poderá surgir a necessidade de introduzir canais de saída, substancialmente maiores, que servirão como uma ajuda adicional ao sistema de ventilação anteriormente mencionado. Estes canais terão uma dupla função. Para além da ajuda à ventilação,

---

<sup>86</sup> ASPIN, B. Terry – **Foundrywork for the Amateur**, p. 70.

<sup>87</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 143.

<sup>88</sup> CRUZ, Antonio Sorroche – **Nuevas tácticas y nuevos materiales en la fundición escultórica actual - El uso del poliestireno expandido**, p. 71.

<sup>89</sup> ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**, p. 69.

indicarão ao fundidor se o molde está cheio<sup>90</sup>. No entanto, em peças pequenas este tipo de orifícios poderão ser dispensados, uma vez que os gases serão libertados através das areias, pela sua permeabilidade. Também poderá haver a necessidade destes respiradores quando existir uma cavidade interior grande, onde haja risco de formação de gases que não se libertem através da permeabilidade das areias. Todavia, estes devem ser estudados e adaptados de acordo com cada situação.

Quando as duas caixas estiverem convenientemente cheias, compactadas e com a superfície alisada, são abertas, e o modelo e o cilindro de madeira, que foi utilizado para a abertura do canal de enchimento, são retirados (**Fig. 9, 10, 11**). As duas caixas devem ser colocadas numa bancada segura e limpa, com as cavidades dos moldes viradas para cima. As superfícies devem ser cuidadosamente limpas e, caso necessário, são feitos pequenos ajustes. O canal de alimentação deverá merecer uma especial atenção, devendo ser limpo e analisado de modo a garantir que as paredes estão suficientemente sólidas para que haja um enchimento eficaz.

Qualquer molde de areias verdes pode ser seco<sup>91</sup>. Na realidade, o molde pode ser concebido dias antes da sua utilização, possibilitando uma secagem. Contudo, os moldes secos não têm a mesma resistência de um molde de areias verdes com a respectiva humidade.

Se a intenção da peça a fundir é que esta fique maciça, então o molde está pronto para o vazamento. Porém, em grande parte dos casos é necessário que a peça fique oca. De um modo geral, apenas as peças pequenas é que permanecem maciças.

Existem diferentes modos de realizar os núcleos para o interior das peças, que impedirão que as mesmas se tornem maciças. Estes são, tal como os moldes, realizados em areia, ou num outro material refractário. Após o vazamento do metal, o seu arrefecimento e endurecimento, o núcleo é retirado, fazendo com que a peça se torne vazada.

Um dos modos mais simples será envolver um arame, suficientemente resistente, com areia<sup>92</sup>. Este elemento de areia deverá ter um tamanho aproximado do modelo, para que ocupe grande parte do seu interior. Todavia, há que ter extremo

---

<sup>90</sup> ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**, p. 76.

<sup>91</sup> Ibid., p. 77.

<sup>92</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 144.

cuidado para que o núcleo não toque nas paredes do molde, nem sequer fique demasiado perto destas, correndo o risco de não existir espaço suficiente para a circulação do metal, havendo assim um estrangulamento. O arame terá de ser suficientemente comprido e deverá ser cruzado por um segundo, para que se possa apoiar nas paredes do molde, ficando a areia suspensa no seu interior, e para que não rode sobre si próprio. O núcleo pode ser testado cuidadosamente dentro do próprio molde para que se possam fazer os respectivos ajustes. Caso seja necessário, há a possibilidade deste ser reformulado, acrescentando ou retirando areia até que esteja em conformidade com a função a que se destina.

Um outro processo será realizar um modelo positivo em areia e depois reduzi-lo, bastando retirar a quantidade de areia necessária à circulação do metal. De um modo geral, será necessário reduzir o modelo positivo o suficiente para que a peça fundida tenha, aproximadamente, 3 mm de espessura. Quando estiver com as condições necessárias, basta introduzi-la no interior do molde de modo a que fique suspenso no seu interior.

Em muitos casos, os núcleos inseridos no interior dos moldes são secos<sup>93</sup>. Esta secagem tem dois propósitos. Em primeiro lugar, serve para retirar a humidade (há a necessidade de retirar toda a água existente, pois é uma área muito mais pequena que não tem contacto com o exterior, inviabilizando a expulsão dos gases); em segundo lugar, o facto de a areia estar seca permite que se possam fazer alguns ajustes como maior facilidade, antes de o núcleo ser introduzido dentro do molde.

A areia utilizada na realização dos interiores não deverá ser de origem natural, visto que esta, ao ser cozida/seca, perde permeabilidade. Existem muitos tipos de misturas possíveis para a realização dos núcleos em areia<sup>94</sup>. A combinação deverá ser seleccionada mediante o trabalho a realizar. Muitas das receitas não necessitam de nenhum tipo de cozedura, secando apenas à temperatura ambiente. Porém, para as composições que utilizam os óleos e o sulfito como aglutinante, é imprescindível realizar uma cozedura para que obtenha a força suficiente para suportar o metal fundido.

Um bom aglutinante deve possuir algumas propriedades, tais como: força para

---

<sup>93</sup> ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry**, p. 39.

<sup>94</sup> Ver AMMEN, C. W. - **The Complete handbook of Sand Casting**, pp. 82-83.

resistir à pressão do metal fundido e, ao mesmo tempo, fragilidade para colapsar quando o metal contrai, evitando que seja este a quebrar; não deformar durante a cozedura; não absorver humidade durante todo o processo; resistir ao manuseio; disseminar-se por toda a mistura. Existem inúmeras receitas, cada uma com um fim e um propósito diferente. No entanto, a receita com óleo de linhaça é das mais versáteis, servindo para 90% dos casos de forma satisfatória. É uma receita muito simples, de 40 partes de areia de sílica seca e 1 parte de óleo de linhaça<sup>95</sup>. A areia utilizada não pode ter aglutinante natural, sendo a areia de sílica a mais indicada para esta função. Esta mistura, quando cozida, adquire força e não terá humidade pois o seu aglutinante estará seco. A desvantagem desta mistura é que o óleo de linhaça não permite um fácil manuseio. Para contornar essa situação, pode ser misturado às areias dextrina e melação, assim como pasta de farinha ou amido, em proporções iguais às de óleo<sup>96</sup>, com o objectivo de dar-lhes mais plasticidade e torná-las mais moles. Estes componentes seriam adicionados numa percentagem de 2% a 3%, assim como uma quantidade semelhante de água. Os núcleos, depois de construídos e ventilados, são cozidos a uma temperatura que pode rondar os 170° C e os 180° C<sup>97</sup>.

A ventilação dos núcleos também deverá ser tida em conta, principalmente em casos em que estes estejam praticamente envoltos em metal. Os casos mais simples poderão ser facilmente resolvidos, criando um pequeno orifício com um arame, que possa atravessar todo o seu interior. Quando estes são mais complexos, o princípio mantém-se, devendo ser feitas pequenas aberturas que permitirão que os gases se libertem. Nestes casos, podem ser utilizadas pequenas tiras de cera<sup>98</sup> que serão introduzidas no interior dos núcleos. Estes pequenos filamentos de cera podem ser preparados mergulhando, construtivamente, fios em cera até obterem a espessura desejada. Quando os núcleos cozerem a cera derreterá e volatilizará, deixando apenas os orifícios que ajudarão na ventilação. Depois dos núcleos secos, estes poderão levar uma camada de material refractário, grafite, onde poderá ser adicionada uma pequena parte de gesso de paris. Esta mistura vai melhorar o acabamento da areia e vai permitir que se solte melhor do metal, no final da fundição. Este acabamento deve ser aplicado antes de o núcleo ser colocado no interior do molde.

---

<sup>95</sup> AMMEN, C. W. – op. cit., p. 84.

<sup>96</sup> ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry**, p. 41.

<sup>97</sup> AMMEN, C. W. – op. cit., p. 85.

<sup>98</sup> ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry**, p. 41.

Depois da limpeza dos moldes, dos respectivos acabamentos e da introdução dos núcleos, caso seja necessário, os moldes são novamente fechados. Estes devem ser reforçados com placas de madeira ou ferro e com grampos, pois, se houver alguma fissura nos moldes, o metal fundido não sai inadvertidamente. Uma outra possibilidade, para evitar possíveis acidentes, é colocar todo o molde dentro de um buraco com areia, pois assim, em caso de derrame, o metal fundido ficará restrito ao local.

Quando os moldes estiverem finalizados, os canais que dão acesso ao seu interior devem ser cuidadosamente tapados até ao momento do vazamento, de modo a evitar a entrada de algum elemento que possa entupir todo o sistema.

### **Areias com silicato de sódio - Processo CO<sub>2</sub>**

No processo CO<sub>2</sub> a areia de sílica é o elemento refractário, sendo o silicato de sódio o seu aglutinante. Este apenas foi introduzido na indústria em meados do século XIX<sup>99</sup> e teve múltiplas designações, como vidro líquido, quartzo líquido e, mais frequentemente, água de vidro<sup>100</sup>.

A utilização do silicato de sódio como aglutinante traz enormes vantagens para a fundição artística, pois permite a realização de moldes em grande escala, dividindo-os em partes para uma melhor definição e a execução de trabalhos mais complexos. O método utilizado para fundir esculturas de grande formato, em areia, terá de ser um compromisso entre a fundição industrial e a construção de moldes por partes, realizadas pelos escultores. O princípio da execução destes moldes de areia é exactamente o mesmo que o usado na realização dos moldes em gesso. O modelo é coberto por múltiplas partes do molde (taceiros) que posteriormente são revestidos por uma peça maior (madre), que abrange grande parte dos elementos mais pequenos e os manterá nos respectivos lugares. Todas as peças são independentes, tendo a capacidade de serem retiradas. Podem ter tamanho e formas diferentes, mediante o lugar e a função que ocupam em todo o conjunto. Depois de retirado o modelo, todas as peças terão de encaixar, deixando o espaço vazio ser preenchido pelo metal fundido.

---

<sup>99</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 88.

<sup>100</sup> Trad. *Soluble Glass, liquid-quartz, water-glass*, Ibid.

O processo com o silicato de sódio pode ser de dois tipos. No primeiro, em que o silicato de sódio é catalisado, usando por isso diferentes soluções. No segundo, o silicato de sódio é instigado por dióxido de carbono<sup>101</sup>.

O silicato de sódio é um vidro solúvel em água, sendo muitas vezes chamado de resina. Nas fundições é utilizada uma mistura de sílica (SiO<sub>2</sub>), soda (Na<sub>2</sub>O) e água (H<sub>2</sub>O). Esta mistura pode ser endurecida de várias maneiras, sendo as mais comuns a utilização de dióxido de carbono ou uma gama de endurecedores à base de éster líquido<sup>102</sup>.

No entanto, a variante mais utilizada na fundição de esculturas é o uso de CO<sub>2</sub> como catalizador. A grande vantagem da fundição com este processo prende-se com a possibilidade de trabalhar as areias o tempo que for necessário, pois só quando o molde está finalizado é que é impregnado de dióxido de carbono. Contudo, a areia e o silicato de sódio começam a reagir em contacto com o ar e o calor acelera a reacção química. A areia pode ser preservada durante muito tempo em dias quentes, com as respectivas propriedades, se for devidamente acondicionada, bastando para isso que seja tapada.

Um aspecto positivo deste processo está relacionado com o facto de o aglomerado ser inodoro, não ser tóxicos nem inflamável, sendo solúvel em água. O sistema não contém azoto, enxofre nem fósforo, não correndo o risco de contaminar as ligas metálicas<sup>103</sup>. A emissão de gases, quando exposta a altas temperaturas, é bastante reduzida. Há um risco mínimo de a areia criar fissuras, devido à grande plasticidade da massa quando está quente. Para este processo é possível utilizar uma variedade de areias<sup>104</sup>, como sílica, zircónio, olivina, cromite e chamote<sup>105</sup>.

As desvantagens do processo estão, essencialmente, relacionados com: a necessidade de um controlo rigoroso nas variações de temperatura, no caudal do dióxido de carbono e no tempo de insuflação das areias; a deterioração em condições de elevada temperatura; a dificuldade de ruptura das areias depois de solidificadas, com dificuldade de reutilização das areias devido aos resíduos de sódio contidos nas

---

<sup>101</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 93.

<sup>102</sup> Ibid.

<sup>103</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p. 52.

<sup>104</sup> Ibid.

<sup>105</sup> Chamote é um material cerâmico, com alta percentagem de sílica e almuinha. Material que tende a ser poroso, de baixa densidade e disponível com vários tamanhos de grãos.

mesmas, que reduzem a sua refractabilidade.

A grande diferença entre o método das areias verdes e o processo CO<sub>2</sub> é a água. No método das areias verdes a água é um elemento essencial, em contraste com o processo CO<sub>2</sub>, onde a água é prejudicial e deve ser evitada. Mesmo o modelo, caso seja realizado em gesso, deve ser bem seco para não conter nenhum vestígio de humidade. Vestígios de água irão provocar defeitos na superfície do objecto fundido.

Um das grandes vantagens da sílica com o silicato de sódio relativamente às areias verdes, é a firmeza da superfície. As areias de sílica aglomeradas, depois de compactadas e gaseificadas tornam-se bastante resistentes, embora possam ser reparadas e desbastadas caso seja necessário.

Com o silicato de sódio é fundamental uma correcta gaseificação e, para tal, é necessária especial atenção ao tempo e à pressão. Os orifícios para a introdução do dióxido de carbono, no molde de areia, devem ser feitos por cabos com 2 mm, devendo os orifícios estar separados com um intervalo de aproximadamente 8 mm<sup>106</sup>.

A escultura em grande formato tem um processo de fundição bastante semelhante ao trabalho em pequena escala. Todavia, é necessário ter em conta alguns aspectos específicos que não se aplicam aos pequenos formatos.

Em primeiro lugar, a preparação do modelo é fundamental. O escultor pode realizar o seu modelo em vários materiais, sendo o gesso, por norma, a primeira escolha. Este deverá ser convenientemente seco e tratado, tendo em vista a não absorção de humidade. Uma das possibilidades de tratamento é, depois de bem seco, dar-lhe um simples passagem com cera<sup>107</sup>.

Após o modelo estar pronto, é fundamental preparar uma caixa de fundição, reforçada com uma estrutura de ferro e preenchida com areia. Esta areia, tal como no processo das areias verdes, não necessita de grandes qualidades refractárias, podendo ser constituída por pedaços de moldes antigos. A superfície desta primeira caixa deverá ficar compacta e lisa, para que, quando se iniciar a compactação do molde, este fique com uma superfície plana (**Fig. 13**).

---

<sup>106</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 99.

<sup>107</sup> *Ibid.*, p. 101.

Depois de colocado o modelo sobre a areia, devem ser desenhadas, no próprio modelo, as linhas de divisão das diferentes partes dos moldes. Em esculturas de grande escala os moldes são realizados por partes (**Fig. 14**), devendo estas ser reforçadas com ferro e possuir ganchos para que possam ser, se necessário, removidas com ajuda mecânica. Também é necessário ter em conta que os moldes serão gaseificados com o dióxido de carbono e, para tal, deve existir um sistema eficaz que o permita. Este sistema irá variar mediante o tipo de molde e o seu tamanho<sup>108</sup>.

O pó desmoldante não é suficiente para assegurar que os diferentes elementos que constituem os moldes se podem separar, devido à grande escala das peças, utilizando-se para esse efeito o papel pardo<sup>109</sup>. Este é envolvido nas peças para evitar que estas se colem umas às outras.

Antes de construir a peça maior (madre), que englobará todas as partes mais pequenas do molde, são colocados tubos de ferro que darão lugar ao sistema de alimentação (**Fig. 15**). Estes tubos devem encontrar-se no centro da caixa, onde estará a boca de enchimento, através do qual se fará o vazamento do metal fundido. Os tubos serão retirados depois de se efectuarem os orifícios de ventilação e antes de se realizar a gaseificação.

Após a parte superior do molde estar totalmente terminada, é necessário virar as duas caixas, para realizar a parte inferior. As areias que foram inicialmente colocadas na primeira caixa, que após ser virada, se encontra agora, na parte superior, são retiradas e o processo é repetido. Tal como na primeira parte, realiza-se o molde constituído por vários elementos. Todo o sistema de reforço, assim como o de gaseificação, é igualmente construído, como foi na metade anterior. Quando esta fase estiver concluída (**Fig. 16**), o molde é novamente virado, sendo que esta operação deve ser realizada com cuidado, por pessoas com experiência no manuseio de guas, para não colocar em risco todo o molde (**Fig. 17**). Após esta operação delicada, o molde é aberto. O seu interior é exposto e é necessário descobrir onde estão os ganchos para que as diferentes partes do molde sejam retiradas, assim como o modelo. É aplicado um endurecedor<sup>110</sup> em todas as partes do molde. As diferentes partes devem ser montadas, nas correctas posições, dentro da peça maior - madre.

---

<sup>108</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 99.

<sup>109</sup> Trad. *brown paper*, Ibid., p. 101.

<sup>110</sup> Líquido refractário à base de isopropanol.

Quando as peças já estiverem devidamente separadas há que fazer o núcleo da peça.

Em tempos passados, o núcleo da peça era realizado por desbaste de um positivo realizado em areia. Com o evoluir da tecnologia, novas técnicas foram sendo adquiridas. No interior do molde são colocadas placas de 8 mm de poliestireno expandido<sup>111</sup> que será fixo a este com fita e tachas (**Fig. 18**). Este material permite a separação entre o núcleo e o molde e ocupa o lugar que o bronze irá preencher quando vazado para o interior do molde. Depois de todo o interior do molde ser revestido com poliestireno expandido, parte deste é montado, deixando apenas uma abertura para que se possa construir o núcleo no seu interior. Esta é uma etapa crucial e a mais difícil de todo o processo. A mistura de areia utilizada é igualmente com silicato de sódio, mas com um aditivo que lhe irá conferir grande porosidade e alguma fragilidade, para que quebre quando o metal contrair, evitando assim que seja este a quebrar, e facilitando a sua remoção do interior da peça. O núcleo terá de ser reforçado com uma estrutura de ferro, assim como terá que ter um sistema de ventilação e de gaseificação. A compressão das areias não deverá ser tão grande quanto a do resto do molde, para que possa comprimir durante a contracção do metal. No entanto, deverá ser compactada o suficiente para que agunte a força exercida e não colapse durante o enchimento.

A tendência é para que, durante o enchimento, o núcleo suba, a não ser que seja seguro no seu devido lugar. Para evitar esta movimentação, este é atravessado por dois pedaços de metal cruzados, que são fixos no próprio molde.

Quando todo o interior estiver concluído, e após se verificar que todas as partes do molde encaixam, este é mais uma vez aberto para se poder fazer o acabamento de superfície nas zonas que estarão em contacto com o metal<sup>112</sup>. Se alguma irregularidade for detectada, esta pode ser remendada com material refractário, que poderá ser grafite e areia cerâmica. Todos os orifícios devem ser inspeccionados e limpos para que não existam impurezas no seu interior. O material cerâmico tem de ser seco e gaseificado antes de ser aplicado a grafite líquida<sup>113</sup>. Esta última deve ser

---

<sup>111</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 107.

<sup>112</sup> Ver, CRUZ, Antonio Sorroche – **Nuevas tácticas y nuevos materiales en la fundición escultórica actual - El uso del poliestireno expandido**, pp. 37-46.

<sup>113</sup> Grafite ou outro carbono misturado com aglutinante e um líquido. Este pode ser pulverizado ou pintado nas superfícies onde o metal irá passar, prevenindo a deterioração do molde e melhorando a sua superfície. HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 320.

aplicada três vezes e deve ser incendiada e arrefecida entre cada aplicação (**Fig. 19**).

Em todo o núcleo serão feitas várias estrias<sup>114</sup> com uma profundidade de, aproximadamente, 6 mm, e com um intervalo de, cerca de, 100 mm entre cada uma, para impedir que o metal se quebre. Os tratamentos de superfície são também aplicados em todo o núcleo e seguidamente este é introduzido dentro do molde, que é fechado com bastante cuidado (**Fig. 20**), para que nada de mal aconteça durante esta operação. Quando todo o molde estiver fechado, este está pronto para a enchimento.

Este é, em traços gerais, o método aplicado a peças de grande formato com o processo de silicato de sódio. Tem os princípios básicos do processo de areia verde, mas com outras possibilidades que são fundamentais para uma maior escala. Todavia, não é um processo ao alcance de todos, com grandes custos associados, não só pelas matérias primas, como pela mão de obra qualificada e pela tecnologia inerente. É um processo industrial e não uma tecnologia possível de utilizar pelo escultor na sua oficina.

### 3.2.2 - Cera perdida

A técnica de cera perdida é bastante antiga e variada. Foi o primeiro método de fundição de metal a ser praticado no próximo e Médio Oriente, em África e na Europa, durante a Pré-História<sup>115</sup>. Em cada parte do globo a técnica de cera perdida evoluiu independentemente, desenvolvendo múltiplas abordagens do mesmo princípio. Apesar das diferentes abordagens à técnica de cera perdida ao longo dos tempos, duas delas destacam-se, ao nível da fundição artística, nos nossos dias. Uma delas utiliza o bloco cerâmico<sup>116</sup>, que é conhecida pelo Método Italiano, ou Método Romano, pois surgiu com os avanços tecnológicos deste povo, ao nível da engenharia civil e militar. Mais tarde surgem os moldes em casca cerâmica<sup>117</sup>, regularmente conhecida por *Ceramic Shell*<sup>118</sup>, método desenvolvido durante a segunda guerra mundial para a indústria das aeronaves.

---

<sup>114</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 111.

<sup>115</sup> *Ibid.*, p. 47.

<sup>116</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – *op. cit.*, p. 106.

<sup>117</sup> *Ibid.*

<sup>118</sup> Ver *Ceramic shell*.

O princípio do processo de cera perdida tem como característica principal a execução do modelo em cera. Este será o ponto de partida e é o factor que baptiza todo o processo. Na realização dos modelos em cera há diferentes possibilidades de execução, podendo ser de modo directo ou indirecto através de moldes<sup>119</sup>. Após a realização do modelo, há que revesti-lo com material refractário, que constituirá o molde, e que deverá reunir determinadas qualidades, muitas vezes contraditórias. O material refractário deverá ser resistente o suficiente para aguentar as contracções da cera, assim como a temperatura e a pressão exercida pelo metal em fusão. Ao mesmo tempo, deverá ser frágil para que se possa retirar a peça fundida do seu interior. Este deverá ser constituído por grãos com uma dimensão que permita uma boa permeabilidade, mas também que tenham uma boa capacidade de reprodução. É importante que os moldes não sofram grandes deformações durante todo o processo, porém, devem ser permeáveis às contracções por parte do metal e da cera, para que não surjam fendas no molde, o que poria todo o trabalho em risco.

Para que haja um compromisso entre as diferentes características dos materiais, é necessário garantir um bom aglutinante que fixe o material refractário e pelo menos dois tipos de grãos<sup>120</sup>. Um grão fino que assegure uma boa reprodutibilidade, apesar da baixa refractabilidade, para uma primeira camada, e um grão mais grosso que permita uma maior refractabilidade, conseqüentemente, com menor reprodutibilidade, que irá estruturar e dar consistência ao molde. O negativo, isto é, a cavidade do molde, é formado pela extracção da cera do seu interior.

O processo de cera perdida é, em grande medida, conhecido pela sua capacidade de reprodução. A sua fidelidade não depende só da cera, mas também da qualidade do material refractário que contactará directamente com esta. Qualquer irregularidade, impureza ou fenda no material refractário irá ser impressa no metal.

### **Método italiano**

A grande vantagem do método italiano é a flexibilidade<sup>121</sup>, em contrapartida às suas duas desvantagens. A primeira é que o processo impõe, a quem o realiza, treino,

---

<sup>119</sup> Ver Ceras.

<sup>120</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 176.

<sup>121</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 48.

habilidade e experiência. Em segundo lugar, a natureza do molde e a remoção da cera implicam um longo período num forno de cozimento, obrigando a mais gastos e mais tempo despendido. Porém, o custo do combustível gasto na cozedura do molde é compensado pelo baixo preço dos materiais e pela possibilidade da sua reutilização. A sua grande versatilidade permite realizar objectos bastante complexos e com grande detalhe.

Tal como na técnica *ceramic shell*, neste processo os moldes necessitam de um aglutinante e de material refractário. O material refractário poderá ser proveniente do chamote<sup>122</sup> reciclado e gesso - luto, sendo habitualmente, apenas aplicado nas camadas secundárias para estruturar e preencher o molde. O gesso é também utilizado como aglutinante, fazendo a ligação entre as partículas do material refractário. O gesso começa a ceder por volta dos 40° C e calcifica aos 175° C<sup>123</sup>, aproximadamente. Todavia, os moldes atingem uma temperatura aproximada de 650° - 700° C para que fiquem completamente secos.

Como já foi anteriormente referido, o material refractário é escolhido tendo em conta as suas características físicas e químicas, que lhe permitem resistir a altas temperaturas, a choques térmicos e a reacções químicas.

Existem alguns materiais que podem ser utilizados como material refractário na realização dos moldes. Um deles é o chamote, que consiste em argila refratária calcinada e moída, e que pode ter diferentes tipos de grão. É utilizada para a camada inicial com um grão mais fino e, posteriormente, como um grão mais grosso para fazer o enchimento secundário. *Alumino Silicate*<sup>124</sup> ou sílica fundida podem ser ambas utilizadas, para a camadas inicial, em substituição do chamote. No entanto, estes são mais utilizados nos processo de *ceramic shell*. Como já foi referido, para o revestimento secundário é utilizado o luto, que consiste num lama refratária que é reutilizada. após ser triturada e crivada, e tem como função estruturar e dar força ao molde.

A camada primária deve ser composta duas partes de material refractário e de uma parte de gesso, e deverá ter uma espessura de, aproximadamente, 2 cm em torno

---

<sup>122</sup> Trad. *grog*, ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 190.

<sup>123</sup> *Ibid.*, p. 190.

<sup>124</sup> Material refractário composto de caulino calcinado, também designado por molochite.

de todo o modelo<sup>125</sup>. Devido às características do gesso, esta mistura seca rapidamente, tendo um tempo útil de cerca de 20 minutos. As camadas secundárias também são constituídas por 2 partes de material refractário e 1 parte de gesso, todavia, o material refractário deverá ter um grão maior. Este deve ser composto por 50% de chamote e 50% de luto<sup>126</sup> e deve assegurar-se assim que a segunda camada continua a ter boas capacidades refractárias. A camada secundária deverá ter, no mínimo, 8 cm de espessura.

Foram feitas algumas experiências na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, utilizando o método italiano, com os mesmos elementos, mas em quantidades ligeiramente diferentes. Foi usada uma receita de 1,5 partes de gesso, 2,5 partes de chamote e 1,5 partes de água.

A preparação da massa é feita do mesmo modo que se prepara o gesso. Primeiro, mistura-se todos os materiais secos. De seguida, num recipiente cheio com 1/3 de água, é introduzido o material seco, de um modo uniforme, até que surjam pequenas ilhas à superfície da água. A consistência da mistura também deve ser semelhante à do gesso.

Ao contrário dos moldes em *ceramic shell*, os moldes em chamote são mais resistentes antes da cozedura do que depois desta. A movimentação destes deve ser feita com extremo cuidado e atenção. São moldes pesados e qualquer fissura pode pôr em risco todo o trabalho realizado. Só devem ser movidos quando já estiverem sólidos e apenas quando estritamente necessário. Estes não devem secar muito antes de serem cozidos, uma vez que a humidade que se liberta no início da cozedura, vai prevenir que a cera seja absorvida por eles. Caso os moldes não possam ser cozidos logo após a sua realização devem ser acondicionados de modo a manterem a sua humidade.

Quando as ceras estiverem prontas, há que dar início à construção dos núcleos no interior do modelo (**Fig. 22**). Como já foi mencionado, de um modo geral, e com excepção dos pequenos formatos, as peças fundidas são ocas. Para que isso seja possível é necessário despender algum tempo e atenção na construção dos respectivos núcleos. A principal função do núcleo é impedir que a peça fique maciça.

---

<sup>125</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish - op. cit., p. 191.

<sup>126</sup> Ibid.

Na fundição artística o interior da peça não necessita de um grande acabamento, uma vez que não irá ser visto. Isto permite que o núcleo possa ser feito de um modo mais grosseiro. Este deve ser realizado com o mesmo material refractário que o molde, contudo, deve ser menos resistente<sup>127</sup>. Para que isso aconteça, o núcleo deve ter uma percentagem mais elevada de água que o resto do molde. No final, todo o material que compõe o núcleo deve ser retirado, não só por uma questão de peso, mas, essencialmente, para prevenir uma deterioração futura do metal, que poderá levar à ruína da peça.

Ao realizar o modelo em cera há que ter a noção de que é necessário aceder ao interior da peça, não só para construir o núcleo, mas também para o retirar, sem que possa haver prejuízo para a mesma. Neste sentido, deve ser deixada uma abertura numa zona que não interfira com a sua forma ou textura. No caso de a forma ser completamente fechada, será aberto um orifício, sendo que a sua tampa também será fundida para posteriormente ser soldada e rectificada. Este orifício deverá ser aberto numa zona convexa e numa área com o mínimo de detalhes. O seu tamanho dependerá da escala do objecto, mas deverá permitir o acesso a todo o seu interior.

Alguns fundidores adicionam pequenas lascas de madeira, serradura ou palha<sup>128</sup> à mistura do material refractário que constitui o núcleo, pois estes elementos ajudam na remoção do oxigénio e permitem uma maior resistência, prevenindo fissuras por contracção. Para fazer o enchimento do núcleo com o material refractário, a peça deverá ser cuidadosamente reforçada. Caso esta tenha sido concebida através de um molde, este deverá ser utilizado como reforço, fazendo o enchimento do núcleo com a peça dentro dele. No caso de a peça não ter sido realizada com molde, esta poderá ser envolvida com uma película protectora e reforçada com esponjas e fita adesiva<sup>129</sup>, de modo a que a pressão do material líquido no seu interior não a danifique.

Núcleos inferiores a 15 mm correm grande risco de fractura, potenciando uma má circulação do metal fundido, e pondo assim em risco um bom resultado. Neste caso, o melhor será optar por uma peça maciça e, caso seja fundamental, fazer um orifício posteriormente.

Os núcleos, de um modo geral, necessitam de uma correcta e eficiente

---

<sup>127</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 51.

<sup>128</sup> Ibid., p. 43.

<sup>129</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 176.

ventilação, para que possam libertar a totalidade dos gases gerados em todo o processo. Caso seja necessária a introdução de canais no interior do modelo, estes devem ser colocados antes do seu enchimento.

O sistema de ventilação deverá ir do centro do núcleo até ao exterior do molde. Este não deverá ser ligado ao sistema de ventilação exterior da peça, pois este último será preenchido com o metal, e caso os dois estivessem ligados, o interior da peça iria conter pedaços de bronze desnecessários e de difícil remoção.

O sistema de ventilação depende da forma do núcleo e deve ser estudado mediante cada caso. Um hipótese será construir canais de cera com, aproximadamente, 6 mm<sup>130</sup> de espessura que irão derreter durante o cozimento, ficando os orifícios para a ventilação. Outra alternativa é introduzir no interior do núcleo um tubo de metal com pequenos orifícios. Este tubo deve ser, antecipadamente, preenchido com cera para que, quando se efectuar o cozimento ele fique vazio e execute uma boa ventilação. Caso a peça tenha algum peso, este tubo pode ser soldado a uma estrutura que fará de base e apoiará todo o peso do modelo e do núcleo (**Fig. 21**). Isto evita que o sistema de respiração e ventilação exterior, quando aplicado, tenha que aguentar com todo o peso.

O sistema de ventilação terá de ser mantido no local adequado dentro do núcleo, de modo estável, para que se possa realizar o enchimento com o metal refractário de forma segura até que este solidifique (**Fig. 22**). Também há que garantir que o núcleo fique, posteriormente, seguro ao molde. Quando a cera for removida, este não deverá ter qualquer tipo de deslocação que possa impossibilitar a circulação do metal no interior no molde. Para isso, é necessário introduzir pinos, pregos ou tachas que devem perfurar a cera, de modo a que fiquem em ambos os lados do modelo (**Fig. 23**). O núcleo e o molde deverão conter parte dos pinos, para permitir que o núcleo seja sustentado por estes, sem qualquer oscilação, quando a cera for extraída do molde. Estes devem ser de uma liga compatível com o metal em que a peça será fundida, uma vez que os pinos irão ficar no seu interior. Os pinos devem ser de, aproximadamente, 2 a 4 mm de diâmetro e devem ter 10 a 20 mm de comprimento para cada lado da cera. Quando o metal solidificar, estes serão cortados e a sua presença não será notada.

---

<sup>130</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 178.

Quando o modelo estiver pronto, com o respectivo núcleo finalizado, há que passar à próxima fase, que consiste na colocação dos alimentadores e dos respiradores, que irão permitir a entrada do metal fundido e a saída dos gases do interior do molde<sup>131</sup>. Estes são realizados em cera e devem ser, cuidadosamente, soldados ao modelo (**Fig. 24**).

Numa fase posterior, deverá ser aplicado um desengordurante em todos os elementos de cera. Para isso, pode ser utilizado, simplesmente, sabão líquido e água, que devem ser previamente bem misturados. Contudo, a grande maioria dos fundidores prefere álcool isopropílico<sup>132</sup> com uma pequena proporção de detergente doméstico, de preferência inalterado com perfume<sup>133</sup>.

Seguidamente, o modelo é coberto com material refractário. Este deverá ter uma camada primária, com um grão mais fino para que tenha uma maior reprodutibilidade, e assim possa imprimir, nas melhores condições, todos os elementos no metal. E posteriormente, uma camada secundária, com um grão mais grosso, conseqüentemente com menor capacidade de reprodução, porém com maior permeabilidade e resistência.

Para a execução do molde existem duas opções. Este poderá ser realizado à mão ou com o auxílio de caixas de enchimento.

Na aplicação à mão há que ter a noção de que toda a área terá de ser revestida com bastante cuidado e de forma uniforme, para que a camada aplicada não tenha grandes diferenças de espessura e não se lamine durante a cozedura. Dependendo do tamanho da peça, este procedimento deverá ser executado por mais do que uma pessoa, dado que o tempo útil da massa é relativamente reduzido.

O revestimento deverá ser sempre realizado com a boca de enchimento virada para baixo, sobre uma superfície que possa ser móvel, e com todos os canais que acedem ao exterior presos à base. Esta posição tem dois objectivos essenciais. O primeiro é assegurar que os canais de entrada e saída do molde não serão tapados pelo material. O segundo, e visto que o molde irá ser cozido nesta posição para que a cera possa sair, é garantir que o molde não tenha grandes movimentações.

---

<sup>131</sup> Ver Sistemas de alimentação e ventilação.

<sup>132</sup> Álcool isopropílico, ou Isopropanol, é um líquido transparente e incolor de forte odor, solúvel em água, volátil, altamente inflamável.

<sup>133</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 51.

A primeira camada deverá ser muito bem misturada para homogeneizar o material e evitar a criação de bolhas, uma vez que estas poderão ser responsáveis por defeitos na superfície. A camada primária deve ter uma espessura aproximada de 2 cm, sendo necessário criar alguma textura entre as camadas<sup>134</sup>, para que estas não laminem durante a cozedura.

A aplicação da segunda camada não necessita de tanta minúcia, podendo ser colocada de um modo mais rápido, uma vez que não está em contacto directo com a peça e não interfere com o seu acabamento. Todavia, a atenção à formação de bolhas de ar deve ser mantida, assim como a certificação de que todas as partes são cobertas homogeneamente. Após toda a aplicação, a superfície deve ser arredondada para que não fiquem zonas mais salientes e, conseqüentemente, mais frágeis e passíveis de quebras. O molde poderá ser alisado com a ajuda de utensílios, quando a massa já estiver solidificada, aproximadamente uma hora depois da aplicação. Ao fazer a limpeza de toda a superfície deve-se ter em atenção os canais de alimentação e respiração, para que estes fiquem abertos e possam cumprir a sua função em conformidade. A camada secundária, após limpeza, deverá ter uma espessura de, aproximadamente, 8 cm.

Quando o molde estiver pronto deve ser cozido e cheio com o metal fundido o quanto antes. Se isso não se verificar, é aconselhável que este seja mantido com a respectiva humidade. Ao perder a água, o molde fica mais sujeito à criação de fissuras, o que pode pôr todo o processo em risco. Para além disso, se o molde perder a sua humidade e secar, absorve o gás da cera, havendo uma maior possibilidade de causar defeitos no metal fundido<sup>135</sup>.

Em alguns casos, depois de cozidos, os moldes são revestidos com pedaços de tecido embebidos em gesso, para reforçá-los<sup>136</sup> (**Fig. 31**). Para este procedimento há que ter em atenção os canais que dão acesso ao interior do molde, uma vez que a entrada de gesso em algum deles irá dificultar a circulação do metal e dos gases. Uma solução para evitar este problema é tapar todos os canais com papel de alumínio, que posteriormente será retirado. Momentos antes do vazamento do metal, todos os orifícios serão descobertos e aspirados com bastante cuidado, para que qualquer

---

<sup>134</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 193.

<sup>135</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 54.

<sup>136</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 193.

elemento estranho que se encontre no seu interior seja removido.

Para além do molde feito à mão, este também pode ser realizado com a ajuda de caixas de fundição. Estas podem ser paralelepípedicas ou cilíndricas.

Para o enchimento das caixas, o ideal será fazê-lo de uma única vez, caso contrário, há o risco de se notarem as ligações das várias camadas no metal fundido. Tal como no método à mão deve-se criar textura entre as várias camadas para que estas não se separem durante a cozedura.

No enchimento com caixa, a aplicação da camada primária pode tornar-se um pouco mais complexa. A solução passa pela aplicação à mão ou pela utilização de uma caixa mais pequena onde se possa introduzir o modelo e aplicar a camada primária. Tal como no molde feito à mão, o modelo deve ter a boca de enchimento assente numa base, assim como todos os canais abertos ao exterior. Estes devem estar bem fixos à base, para que não haja nenhuma movimentação na altura do enchimento. Caso isto não se verifique, há o risco de se perderem no material refractário, não permitindo que exerçam a função a que se destinam. Estes podem ser fixos à base com a ajuda de cera, ou fazendo um pequeno enchimento, que não deve ultrapassar os 8 cm<sup>137</sup>, apenas abarcando os canais, sem que chegue ao modelo, para que posteriormente possam resistir à pressão do material a entrar na caixa (**Fig. 25**).

O enchimento do material refractário deve ser feito com bastante cuidado e nunca directamente sobre nenhum elemento de cera, para não correr o risco de danificar alguma das partes. Nesta fase será inviável promover qualquer tipo de reparação, o que levaria à inviabilização de todo o projecto. Apesar dos cuidados a ter nesta etapa, o enchimento deverá ser efectuado o mais rapidamente possível, devido à rápida secagem da massa, mas nunca de forma agitada para não promover a criação de bolhas de ar. O ideal será que o molde seja suavemente agitado enquanto o material está líquido, para que as bolhas de ar subam até à superfície.

Quando a camada primária estiver solidificada deve ser-lhe feita alguma textura para que a camada secundária agarre bem e não haja fissuras durante a cozedura. Quando a segunda camada estiver solidificada, as caixas são retiradas e o molde vai ao forno para a respectiva cozedura.

---

<sup>137</sup>ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 194.

Após a cozedura do molde, os orifícios devem permanecer tapados para evitar a entrada de impurezas para o seu interior. Quando for a altura do vazamento do metal fundido, estes devem ser destapados e, cuidadosamente, aspirados, para extrair possíveis elementos que possam pôr em causa a fundição.

As caixas paralelepípedicas são construídas em cantoneiras<sup>138</sup>, formando apenas as arestas da caixa. As paredes laterais são pranchas de madeira removíveis (**Fig. 26**), que são colocadas apenas durante o enchimento do molde e, após a cozedura, para o vazamento do metal fundido, com o objectivo de reforçar as suas paredes. As madeiras são fixas com grampos, sendo que as juntas são tapadas com barro (**Fig. 27**) para que o material refractário não saia enquanto ainda está líquido (**Fig. 28**). Quando o molde estiver sólido as madeiras são retiradas e as caixas vão ao forno apenas com a estrutura em ferro (**Fig. 29**).

Há quem defenda que apenas devem ser utilizadas caixas cilíndricas<sup>139</sup>, pois só assim é assegurada uma correcta e uniforme cozedura de todo o molde. Estas são feitas com folhas de alumínio<sup>140</sup>, devendo sempre permitir a sua retirada (**Fig. 30**). O processo é exactamente o mesmo em ambas as tipologias de caixas.

Ao contrário da técnica *ceramic shell*, a extracção da cera é feita com a aplicação gradual de temperatura. O molde necessita de estar húmido para a cera sair, criando vapor, permitindo assim uma extracção limpa e impedindo que esta se acumule no material refractário.

Existe uma grande variedade de fornos. Estes podem variar no tamanho e no tipo de alimentação, podendo ser a gás, eléctricos ou a fuel. Os grandes requisitos que se impõem são que possuam um termóstato para controlar a temperatura, e um orifício onde se possa visualizar o interior do forno de modo a monitorizar o processo de cozedura. Outros recursos podem ser acrescentados para facilitar todo o processo, tal como sistemas que facilitem a entrada e saída dos moldes, um sistema de recuperação da cera, antes que esta volatilize, ou até mesmo programadores ligados ao queimador, para atingir os respectivos patamares de cozedura sem a necessidade de

---

<sup>138</sup> Perfil metálico composto de duas abas formando um ângulo de 90°.

<sup>139</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 193.

<sup>140</sup> Ibid., p. 218.

aumentar ou diminuir manualmente a temperatura, ou para evitar uma monitorização tão exaustiva.

Os moldes devem iniciar a cozedura meia hora após a sua solidificação. Estes devem ser colocados com a boca de enchimento virada para baixo e sobre tijolos refractários, de modo a não estarem directamente sobre a base do forno, que impossibilitaria a saída da cera. Nunca devem estar em contacto uns com os outros, correndo o risco de se danificarem.

Os moldes devem iniciar a sua cozedura a 200° C durante 16h, para permitir que a humidade e a cera sejam extraídas. À medida que vão secando, a cera volatiliza-se, porém, porções residuais vão sendo absorvidas pelo material refractário. Para que essa cera desapareça é necessário aumentar a temperatura para 650° C. Os moldes nunca devem ser expostos a mais de 750° C, visto que o gesso desintegra-se aos 800° C <sup>141</sup>. Idealmente, o queimador e o termóstato devem ser ligados a um programador onde se possa introduzir todos os patamares de temperatura e a sua duração, permitindo uma cozedura mais eficaz e segura. Caso isso não seja possível, os moldes devem ser vigiados hora a hora, através do orifício que dá para o interior do forno. Aos 650° C o forno e os moldes adquirirão uma cor vermelha. Quando surgir uma pequena chama amarelada significa que a cera residual está a ser queimada, o que poderá durar 12h ou mais, devendo ser vigiada regularmente. Após a sua extinção, a temperatura deverá ser mantida durante mais uma hora até que o forno seja definitivamente desligado. Este patamar poderá demorar um total de 32 horas. O arrefecimento dos moldes deve ser efectuado dentro do próprio forno sem que este seja aberto para acelerar o processo. Este tem como objectivo chegar aos 80° C, o que poderá demorar 16h.

Os tempos de cozedura variam mediante o tamanho do molde. Porém, tanto o início como o fim da cozedura se mantêm, sendo o início aos 200° C, durante 16h e o arrefecimento até aos 80° C, durante 16h. Apenas as 32h a 650° C poderão ser reduzidas para 12h, caso o molde não seja maior que 60x30x30 cm <sup>142</sup> (**Fig. 32**).

Nas experiências realizadas na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, o forno estava ligado a um programador, no qual se podiam definir os patamares de cozedura a que os moldes deviam ser sujeitos. Esse programa consistia

---

<sup>141</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 226.

<sup>142</sup> Ibid., p. 227.

numa subida rápida até aos 300° C em apenas 5 minutos, permanecendo nessa temperatura durante 10 horas; concluído esse período, a temperatura subia, durante 6 horas, até aos 730° C e aí permanecia durante mais 1 hora; finalizados estes patamares iniciava-se o arrefecimento que durava 8 horas (**Fig. 33**).

Após a cozedura, o molde não deve ter qualquer tipo de contacto com humidade, visto que nesta fase está bastante propenso a absorvê-la. Nesta altura, um molde húmido seria bastante perigoso na hora do vazamento do metal fundido.

O vazamento do metal deve ser feito enquanto o molde ainda se encontra quente, para facilitar a circulação do metal no seu interior. Todavia, antes do vazamento este deve ser inspeccionado de modo a detectar possíveis depósitos de cera, que possam ainda permanecer no seu interior. Um molde que ainda contenha cera terá um odor sulfuroso e o seu interior poderá apresentar, ao toque, uma textura que revele a presença de cera. Neste caso, o molde deverá voltar para o forno a uma cozedura de 650° C no mínimo durante 16h, dependendo do seu tamanho. Na realidade, o recozimento do molde não é um procedimento recomendável, pois este, que por si só, já ficou bastante frágil com a primeira cozedura, ficará substancialmente mais quebradiço com a segunda. A recozedura poderá prejudicar mais o molde do que a existência de cera no seu interior. Nestes casos, o bom senso e a experiência terão que prevalecer para que não ocorra nenhum acidente na hora do vazamento do metal fundido, sendo que, por vezes, a melhor opção será recomeçar.

Quando o molde, em fase de arrefecimento, atingir os 100° C, a porta do forno deverá ser ligeiramente aberta, para que chegue a uma temperatura que permita o seu manuseio. Nesta altura, o cadinho deve ser cheio de metal e colocado no forno para se iniciar a sua fusão.

Os moldes, quando cozidos, são bastante frágeis, sendo que, em alguns casos, são revestidos com ligas/tecidos embebidos em gesso como reforço. No caso de os moldes terem sido cheios em caixas e já possuírem uma estrutura em cantoneira, a estas devem ser aplicadas as madeiras para proteger e reforçar. Dada a fragilidade dos moldes cozidos, estes devem ser manuseados com muito cuidado e devem ser evitados balanços imprevistos ou violentos, para que o núcleo não se movimente. Muitas das vezes os moldes apresentam pequenas fissuras que devem ser tapadas e reforçadas. No caso destas apresentarem um tamanho considerável, o molde deve ser

arrefecido e o metal também deverá ser ligeiramente mais frio. Nesta situação o metal estará mais espesso, sendo mais difícil aceder a áreas mais finas, o que fará com que dificulte a sua saída através das fissuras.

Antes do vazamento do metal para o interior do molde, este deve ser cuidadosamente aspirado para que não haja nenhum elemento no seu interior que possa dificultar o processo de enchimento. Posteriormente, o molde é, em muitos casos, introduzido dentro de uma fossa com areia, não só por questões de segurança, mas também para o manter quente e estável.

### *Ceramic Shell*

Os princípios base da tecnologia contemporânea da casca cerâmica, ou *ceramic shell*, já há muito eram aplicados, desde os gregos e egípcios, sendo ainda hoje utilizada em algumas partes da Índia e África<sup>143</sup>. Cada região possui os seus próprios materiais refractários, sendo a mistura mais utilizada a argila arenosa, que actua como refractário, e o estrume, que age como aglutinante, tendo também fibras orgânicas que dão a permeabilidade ao molde. Esta mistura era humedecida e trabalhada formando uma pasta homogénea. O modelo de cera era modelado sobre a pasta de forma a criar o núcleo. Seguidamente, o modelo era revestido com a mesma mistura e deixado a secar. Se, durante a secagem, surgisse alguma fissura no molde, este era reparado e novamente seco. Eram aplicadas várias camadas e de seguida ia a cozer, sendo a cera extraída para dar lugar ao metal fundido. Actualmente, o processo *ceramic shell* é semelhante, variando essencialmente no material com que são executados os moldes. O modelo em cera é revestido com várias camadas de material refractário, que são sucessivamente secas. Quando se alcançar a espessura ideal, o molde é seco e exposto a um choque térmico, que, para além de conferir resistência ao molde, permite a extracção da cera do seu interior.

O processo *ceramic shell* foi desenvolvido com o intuito de produzir objectos fundidos com a menor quantidade de maquinaria possível. Neste sentido, foi criada

---

<sup>143</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 179.

uma sofisticada massa cerâmica que utiliza sílica coloidal<sup>144</sup> como aglutinante. O material refractário mais utilizado nesta técnica é a *molochite*<sup>145</sup>, que possui diferentes tipos de grão. A escolha deste material é feita pela a sua capacidade de resistência a altas temperaturas e a choques térmicos, assim como à pressão exercida pela entrada do metal fundido e pela corrosão dos gases produzidos. À semelhança do método italiano, para fazer o molde, são aplicadas diferentes camadas de massa com diferentes dimensões de grão. A primeira camada possui um grão extremamente fino e as camadas posteriores terão grãos progressivamente maiores.

Também neste método, o modelo terá de ser realizado em cera. Esta deve ser mais resistente e flexível que a utilizada no processo com o chamote. A adição de cera de silicone<sup>146</sup> vai aumentar estas características, no entanto, há que ter cuidado utilizar o mínimo possível. Uma quantidade exagerada desta cera irá dificultar a soldadura dos vários elementos, assim como aumentar o seu ponto de fusão e dificultar a sua extracção do interior do molde. A cera terá de ser suficientemente resistente para suportar todo o material refractário, visto que este só adquirirá resistência depois de ser exposto ao fogo.

Neste processo, a realização do núcleo da peça é um problema a ter em consideração. Uma das melhores soluções é evitar o núcleo, o que na maior parte das vezes não é viável. Uma outra possibilidade é construir o núcleo com a técnica italiana, mas, uma vez que este necessita de cozedura, a grande vantagem desta técnica é posta em causa. Uma terceira e melhor hipótese, é a construção da peça por partes. Não é uma metodologia recente, mas, como os devidos cuidados, é muito eficaz. Para isso, é necessário que o modelo em cera seja dividido, excluindo a necessidade de um núcleo. Após a construção dos moldes separadamente, cheios com o metal fundido e da sua solidificação, os vários elementos são soldados, criando uma única peça.

Para a construção do molde, a primeira camada é feita com lama com um grão bastante fino (**Fig. 34**), para que possa ter uma boa capacidade de reprodução. As camadas seguintes irão estruturar, dar resistência e aumentar a sua refractabilidade. A

---

<sup>144</sup> Emulsão que utiliza água ou álcool como base, muitas vezes chamada de sílica gel, derretendo aos 1710° C. O facto de ser líquida e de possuir grande refractabilidade, faz dela um óptimo elemento para a tecnologia da fundição. HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination.**, p. 133.

<sup>145</sup> Material refractário, porcelana calcinada refinada, Ibid., p. 327.

<sup>146</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 41.

forma do grão também é importante, sendo que os angulosos têm uma melhor porosidade, o que ajudará à libertação dos gases.

Entre cada camada de lama é aplicada *molochite*, material refractário. A lama utilizada é uma mistura entre a sílica coloidal, que é o aglutinante, e a *molochite* em pó, formando assim uma massa consistente. Esta tem de ser mexida continuamente, uma vez que as partículas irão assentar no fundo do recipiente. O movimento constante vai assegurar que as partículas se mantêm homogeneament, espalhadas por toda a mistura. Uma vez misturada, esta deve ser deixada a repousar 10 a 15 minutos<sup>147</sup> para permitir que o ar se possa libertar. Antes de ser utilizada, deve ser mexida suavemente, para não voltar a introduzir ar na mistura. A presença irá causar bolhas de ar no molde, potenciadoras de defeitos na superfície da peça.

Após a sua utilização, a lama não deve ficar exposta ao ar, devendo ser convenientemente tapada para evitar evaporação. Água destilada ou ionizada podem ser adicionadas à mistura, em quantidades nunca superiores a um litro de cada vez, de forma a repôr a humidade perdida e a manter a correcta viscosidade. Quando for necessário adicionar água à solução, esta deve ser bem mexida e deixada a repousar durante cerca de duas a três horas<sup>148</sup>. A água corrente não é uma boa solução, pois pode conter impurezas que prejudiquem a consistência da lama. Se a mistura estiver muito fina, deve permitir-se que esta perca água por evaporação, verificando constantemente a sua viscosidade. A densidade da solução também deve ser analisada com regularidade, de forma a serem mantidas as características iniciais. Não deverá ser nem muito espessa, nem demasiado líquida, pois isso poderá causar fissuras na casca do molde.

A lama deve ser mantida a uma temperatura constante de 20° C a 23° C<sup>149</sup>. O local onde a solução é mantida, deverá ter uma temperatura ligeiramente inferior à da solução, de aproximadamente 18° C, uma vez que esta tende a aumentar a sua temperatura pela fricção das partículas. Após o início da realização do molde, a temperatura ambiente e a temperatura da solução não devem variar mais do que 5° C ou 6° C, caso contrário a cera pode expandir e fazer estalar as camadas de lama já nele contidas.

---

<sup>147</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 181.

<sup>148</sup> Ibid., p. 183.

<sup>149</sup> Ibid., p. 182.

Na primeira fase da criação da casca do molde, são aplicadas duas camadas com o grão mais fino, que constituem o revestimento primário. Nesta fase, o modelo é mergulhado na lama e depois polvilhado com a molochite em pó. Estas duas camadas cobrirão toda a superfície do modelo, assegurando uma boa reprodução. Mais do que duas camadas com um grão tão fino iriam inibir a permeabilidade<sup>150</sup> do molde, impossibilitando a libertação dos gases do seu interior. A camada secundária não irá estar em contacto directo com o modelo, logo, não irá influenciar a superfície, podendo ter um grão maior que permita uma maior porosidade e permeabilidade. O aumento do tamanho do grão deve ser efectuado de modo faseado e gradual. A aplicação das diferentes camadas é feita sempre do mesmo modo, a peça é mergulhada na lama e depois polvilhada com a molochite, de diferentes calibres de grão, de modo homogéneo em todas as áreas.

A areia pode ser aplicada à mão (**Fig. 35**) e deve sobrepôr-se à camada de lama enquanto esta ainda está húmida, de modo a cobrir convenientemente toda a peça. Após a secagem da camada aplicada, a areia em excesso deve ser cuidadosamente retirada para prevenir contaminações da lama.

Se o molde ficar excessivamente seco antes da camada seguinte, é necessário realizar uma pré-molhagem<sup>151</sup>. Esta deve ser efectuada com uma mistura de água e aglutinante, e aplicada do mesmo modo que a lama. Caso não seja realizada a pré-molhagem em moldes excessivamente secos, existe o risco de as camadas se separarem, danificando-os. Esta solução pode ser mantida para futuras utilizações, se for bem acondicionada, não devendo ser utilizada para realizar a mistura da lama.

O número de camadas aplicadas ao molde varia de acordo com o tamanho da peça (**Fig. 36**), sendo que a última camada não leva areia, apenas lama. Esta última camada serve para assegurar que não há perda de material refractário da superfície do molde, e para preencher possíveis defeitos causados pelo manuseamento do mesmo.

Apesar da sua grande resistência, os moldes de casca cerâmica possuem zonas onde são mais frágeis. São áreas em que é mais difícil o material se manter ou mesmo lá chegar, como, por exemplo, extremidades ou zonas angulosas. Nestes casos, os moldes devem ser reforçados com mais material refractário, para além da utilização

---

<sup>150</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 185.

<sup>151</sup> Ibid., p. 186.

de pedaços de metal, ganchos ou arame (**Fig. 37**). Na execução dos moldes poderá haver a necessidade de os suspender para que se dê uma correcta secagem entre camadas. Para tal, e visto que estes podem atingir pesos consideráveis, uma estrutura em metal será a solução ideal para os suportar (**Fig. 38**). O metal utilizado deve ser, preferencialmente, inoxidável, para prevenir oxidações e, conseqüentemente, a contaminação dos moldes e do metal fundido.

No caso de ser necessário reforçar o molde, pode ser aplicado depois da terceira ou quarta camada, arame de 1 mm a 2 mm de diâmetro à volta de todo o corpo central com intervalos de 10 cm a 15 cm. Um arame mais grosso e resistente, de aproximadamente 2,4 mm, pode ser utilizado em zonas específicas, onde se verifique uma maior fragilidade.

A casca cerâmica, após exposta ao fogo, torna-se demasiado rígida. Nem sempre é flexível às contracções exercidas por parte do metal e pode ser extremamente difícil de a retirar em algumas zonas do objecto fundido. Para contrariar esta situação, há a possibilidade de conferir alguma flexibilidade ao molde<sup>152</sup>, aplicando uma pequena camada de gesso e chamote. Esta camada, não deve ultrapassar 1 cm a 2 cm de espessura e é colocada entre a camada primária e a secundária. Quando esta estiver solidificada, as camadas seguintes de casca cerâmica devem ser aplicadas normalmente.

Num modo geral, os moldes devem secar durante 24 horas antes de serem queimados, de forma a assegurar uma boa secagem e diminuir o risco de fracturarem com o choque térmico. A exposição do molde a uma elevada temperatura tem como objectivo a extracção da cera e conferir resistência à cerâmica (**Fig. 39**). O calor deve ser aplicada com intensidade e com uma temperatura suficiente para derreter a cera sem que esta tenha tempo para sofrer deformações, pois se isso acontecer o molde pode ficar danificado, visto que este só adquire resistência após o choque térmico. Devido a esta possibilidade de expansão, muitas vezes, são efectuados pequenos orifícios<sup>153</sup> para que a cera possa sair mais facilmente. Estas aberturas são aplicadas essencialmente a peças com moldes de maior dimensão. Devem ser executadas de forma cuidadosa, com a ajuda de um berbequim com uma baixa rotação para evitar quebras no molde.

---

<sup>152</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 187.

<sup>153</sup> Ibid., p. 220.

No momento da aplicação do fogo, o molde deve estar estabilizado sobre uma rede de aço com a boca de enchimento virada para baixo e a pelo menos um metro do solo. Em caso de necessidade, este deve ser apoiado em algo que o ajude a permanecer estável e seguro. Por baixo da rede deve encontrar-se um recipiente com água, de modo a arrefecer a cera, para que esta não se incendeie e para que possa ser reutilizada, após secagem e limpeza.

No caso de o molde ser demasiado grande, pode construir-se uma parede com tijolos refractários em torno da peça e aplicar calor com o queimador a gás de modo uniforme. Todavia, a forma mais aconselhável para extrair a cera é ter um forno que se possa levantar e baixar sobre a rede de aço (**Fig. 40**). Um forno que consiga manter uma alta temperatura também será aconselhável para o efeito. Contudo, o forno de fundição do metal não é viável, uma vez que é um forno bastante fechado, o que impossibilita a libertação dos fumos e gases que são libertados em abundância durante todo o processo.

Os moldes de casca cerâmica devem ser expostos, de forma rápida, a uma temperatura aproximada de  $1000^{\circ}\text{C}$ <sup>154</sup>. Esta temperatura vai derreter as camadas de cera mais próximas do molde antes que o corpo central se expanda, evitando que este se danifique. Uma vez derretida a cera, o molde deve ser mantido no fogo até atingir uma cor rosa (**Fig. 41**), que significa que já adquiriu resistência e permanecerá estável. A cerâmica adquirirá a sua força máxima quando exposta a uma temperatura de  $950^{\circ}\text{C}$ . Em caso de existirem núcleos em chamote e gesso, estes devem permanecer no forno a  $400^{\circ}\text{C}$  durante um período de 10 a 16 horas, dependendo do tamanho do núcleo.

Após a extracção da cera poderá ser necessário reforçar partes do molde, devido ao surgimento de fissuras provocadas pelo aquecimento, ou por existirem zonas mais finas que devem ser reforçadas. Caso exista uma fenda, esta deve ser fechada antes de ser aplicada uma camada de reforço. Antes desta operação deve vedar-se todos os canais que dão acesso ao interior do molde, para que não se dê a entrada de material para o seu interior. Para remendar possíveis fissuras, será necessário um pincel, com o qual se aplica, cuidadosamente, a lama, que deve secar rapidamente com a ajuda de um maçarico. Esta operação é repetida até que a abertura seja totalmente tapada, para

---

<sup>154</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 220.

que seguidamente seja reforçada. Para o reforço é necessário mergulhar pedaços de fibra de vidro na lama e aplicá-la na zona a reforçar<sup>155</sup>. Em seguida, é aplicada mais uma camada de lama, para que a fibra adira correctamente ao molde. A fibra de vidro irá estruturar e impedir que a lama escorra. Quando este procedimento estiver concluído, o molde terá de ser novamente seco e queimado a temperaturas que podem variar entre os 500° C e os 600° C<sup>156</sup>, para adquirir a resistência necessária.

Quando o molde estiver pronto pode passar-se à fase seguinte, o vazamento do metal fundido, que deverá ser efectuado enquanto o molde ainda se encontra quente. O facto de permanecer com uma temperatura elevada vai ajudar na circulação do metal no interior destes.

Os moldes em *ceramic shell* arrefecem bastante depressa. Uma das soluções para manter a temperatura é isolá-los, o que poderá ser feito com um revestimento de lã de vidro ou pela introdução do molde em areia à base de vermiculita<sup>157</sup>. Antes disso, é conveniente vedar todos os orifícios que dão acesso ao interior do molde, com papel de alumínio, para que não haja entrada de elementos estranhos para o seu interior. Os moldes também poderão ser reaquescidos, mas apenas os que não possuírem núcleos em chamote e gesso.

Um molde com núcleo deve ser manuseado com especial cuidado para que este não se desloquem no seu interior. Deve ser colocado num sítio estável e de fácil acesso para quem fizer o vazamento, podendo ser apoiado numa estrutura metálica ou colocados em areia. Esta última não deverá ter humidade, para que o molde não a absorva, criando defeitos no objecto fundido.

### **Vácuo e centrifugação**

Dentro da técnica de cera perdida também é utilizada a fundição a vácuo e por centrifugação. Aplicam-se principalmente na joalheria e em pequenos objectos, não sendo muito usadas em escultura. Estes processos têm um procedimento comum e semelhante aos anteriores, que passa pela realização do modelo em cera, aplicação

---

<sup>155</sup> DUHAMEL, Olivier O. - **Bronze Casting Manual**. New Zealand : [s.n.], 2010, p. 50.

<sup>156</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 62.

<sup>157</sup> Mineral formado por hidratação de certos minerais basálticos, semelhante à mica, formado essencialmente por silicatos hidratados de alumínio e magnésio, com excepcional capacidade de isolamento.

dos alimentadores, realização do molde, eliminação da cera, vazamento, desmoldação e respectivos acabamentos. No entanto, nestes casos, geralmente, não é necessário um sistema de ventilação, pois os gases que possam estar no interior do molde saem pelos poros do material refractário em que este é feito. Naturalmente, esta opção de colocar, ou não, um sistema de ventilação irá depender da complexidade do objecto e do seu tamanho.

O objecto é aplicado numa base de borracha que funcionará como sistema de alimentação (**Fig. 42**). Esta base, para além de dar estabilidade ao objecto na realização do molde, irá fazer a boca de enchimento, após a sua extracção e depois do molde solidificar.

Para a execução do molde é colocada uma forma cilíndrica à volta da peça, que se encaixa na base da borracha. O molde é feito em gesso de Paris, que é vazado para o interior do cilindro ainda em estado líquido. Após solidificar é cozido para posteriormente se dar o vazamento do metal. Antes da cozedura a base de borracha e a forma cilíndrica são retiradas. O molde é colocado com a boca de enchimento virada para baixo, para que a cera possa sair. Para uma correcta cozedura do material refractário, o forno deve atingir uma temperatura de  $800^{\circ}\text{C}$ <sup>158</sup>. A esta temperatura o molde irá adquirir a resistência necessária para suportar o desgaste a que irá ser exposto. Seguidamente à cozedura este está pronto para o enchimento com o metal fundido.

De um modo geral, o vazamento em fundição é feito apenas através da força gravítica. No entanto, no caso da joalheria, dos moldes dentários e de pequenas peças onde os moldes são extremamente pequenos, é necessária uma ajuda suplementar. Esta ajuda pode ser dada através da utilização de um sistema de centrifugação<sup>159</sup> ou por um sistema de vácuo<sup>160</sup>. A velocidade de rotação, assim como a criação de vácuo no interior do molde, irão exercer uma grande pressão, que fará o enchimento deste com o metal fundido. Cada uma destas técnicas necessita de equipamento específico.

Após este processo, são seguidos os procedimentos habituais de qualquer fundição, como sejam o desmoldamento e os respectivos acabamentos e patinas.

---

<sup>158</sup> SIAS, Fred R. - **Lost-Wax Casting**. South Carolina : Woodsmere Press, 2005, p. 16.

<sup>159</sup> Ibid., pp. 97-108.

<sup>160</sup> Ibid., pp. 83-96.

## Ceras

A cera possui uma grande capacidade de adaptação, que facilita, em grande medida, o seu manuseio. Este material, pelas suas características plásticas, já vem sendo empregue na modelação há bastante tempo. Existem vestígios da sua utilização anteriores a 2100 a. C<sup>161</sup>, a qual era usada pelos egípcios em rituais fúnebres, na construção de amuletos, para depois da morte, ou para a produção de bronzes através da técnica da cera perdida. Mais tarde, deixou de ser utilizado, contudo, a popularidade das ceras fúnebres ressurgiu no século XV, pelos Médici<sup>162</sup>, e perdurou até ao século XVIII.

Inicialmente, os modelos em cera tinham como base a cera de abelha, apesar de, por vezes, serem aplicados outros elementos naturais para aumentar a sua dureza. Só mais tarde, no início do século XIX, é que foram criadas outras ceras sintéticas, tais como a parafina, fruto do desenvolvimento industrial que se vivia na época. A cera é um material com grandes qualidades de precisão. Para melhorar as suas características são adicionadas várias qualidades e quantidades de cera ou outros elementos como resina, plásticos, pós inertes, plastificantes, antioxidantes, corantes e água. A variação dos elementos e das suas quantidades permite que as propriedades da cera possam ser largamente variáveis, podendo atingir diferentes pontos de fusão, viscosidade, expansão, contração e dureza, consoante as necessidades exigidas.

Vasari aconselhava a utilização de uma cera que consistia na junção de gordura animal, que confere flexibilidade; terebintina, que dará tenacidade; breu, que concede uma cor escura e a consistência; também admite a adição de pigmentos, para que a cera adquira outras colorações<sup>163</sup>.

Hoje em dia, as ceras mais utilizadas para a realização dos modelos têm como base a parafina e as ceras microcristalinas<sup>164</sup>. Estas são, muitas vezes, utilizadas em conjunto, pois as suas características complementam-se.

---

<sup>161</sup> TRUSTED, Marjorie - **The Making of Sculpture**. London : V&A Publications, 2007, p. 21.

<sup>162</sup> Ibid., p. 22.

<sup>163</sup> VASARI, Georgio - **Vasari on Technique**. Trad. Louisa S. Maclehorse. New York : Dover Publications, 1960, p. 148.

<sup>164</sup> As ceras microcristalinas são obtidas de resíduos de óleos lubrificantes, possuindo excelente propriedade termoplástica e de repelência à água, isto porque, sua estrutura possui grande quantidade de isoparafinas de alto peso molecular.

Existem, essencialmente, três categorias de ceras<sup>165</sup>: ceras naturais de base de éster; ceras naturais de base de hidrocarboneto; e ceras sintéticas. As primeiras são utilizadas em pequenas quantidades, geralmente inferiores a 10%, uma vez que uma das suas características é serem muito moles. A cera de abelha é a mais conhecida, sendo que é relativamente mole e tem um ponto de fusão aproximado de 64° C. As ceras com base em hidrocarbonetos são derivadas do petróleo e podem ser subdivididas em ceras: de parafina - possuem pontos de fusão entre os 52° C e os 68° C, sendo frágeis e de elevada contracção; ceras intermédias - são duras, menos quebradiças e têm um maior ponto de ebulição, podendo designar-se como semi-microcristalinas; ceras microcristalinas - apresentam um maior peso que a parafina, são opacas e têm uma estrutura fina. As ceras sintéticas são substâncias produzidas pelo homem a partir das ceras naturais. Nestas estão incluídas as ceras de polietileno, ceras de polietileno-glicol, ceras oxidadas, ceras emulsionadas e ceras cloradas.

A composição ideal para a realização das ceras para a fundição artística deverá ter um conjunto de características, tais como: economia; facilidade de preparação; não deixar resíduos, evitando a contaminação dos moldes e do metal; possuir um intervalo de temperatura que permita o seu manuseio; ductilidade quando quente; rigidez quando fria, mínimo de fragilidade; baixo coeficiente de expansão; e grande durabilidade.

A cera escolhida não deve ser demasiado viscosa, combinando solidez, quando fria, com alguma flexibilidade. Uma cera demasiado pegajosa não será a mais indicada para uma boa modelação, no entanto, esta deve ter alguma aderência para que seja possível juntar partes ou elementos sempre que necessário.

A cera pode ser utilizada como base, onde são adicionados outros elementos, com a intenção de melhorar as suas características consoante as necessidades exigidas. A terebintina é aplicada para conferir tenacidade à mistura. A gordura animal<sup>166</sup> irá atribuir suavidade e flexibilidade, assim como a vaselina, ou o óleo de motor, quando usados até uma percentagem de 20%<sup>167</sup> a resina<sup>168</sup> (breu/pez) irá

---

<sup>165</sup> FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p. 112.

<sup>166</sup> RICH, Jack C. – op. cit., p. 52.

<sup>167</sup> MILLS, John - **Encyclopedia of Sculpture Techniques**. London : Batsford, 2005, p. 222.

<sup>168</sup> Há uma grande variedade de resinas sintéticas e resinas derivadas de fontes naturais, tais como a resina do pinheiro, óleo de crude e alcatrão de carvão. A escolha depende da compatibilidade das ceras e da função a que se destina, FERREIRA, José M. G. de Carvalho – op. cit., p. 112.

aumentar a consistência, para além de escurecer um pouco a tonalidade da cera, e nunca deverá ser aplicada numa quantidade superior a 20%, correndo o risco de que esta se torne demasiado frágil. A resina tem também a vantagem de ajudar na soldadura das várias partes. Em oposição, a parafina tem grandes dificuldades de soldadura<sup>169</sup>, sendo bastante frágil, o que inviabiliza a sua utilização isoladamente. É apenas usada como componente de mistura, pois é barata e reage positivamente com outros elementos.

Existe um sem número de receitas<sup>170</sup> para diferentes fins e para todos os preços. No entanto, as diferentes receitas podem ser alteradas mediante a sua finalidade. A adição ou a extracção de alguns dos elementos irá alterar as suas especificidades. Esta procura de características particulares só terá um resultado satisfatório com a experimentação e com a tentativa e erro. Para encontrar as correctas propriedades para um determinado objectivo serão necessários alguns testes, que devem ser convenientemente documentados para que se possa chegar, mais rapidamente, à solução desejada.

A cera é um material bastante plástico com grandes capacidades de modelação. Esta poderá ser trabalhada quando se encontra em estado líquido, sólido ou semi-sólido. É um material muito seguro, no entanto, é necessário estar alerta para algumas medidas de segurança de modo a evitar possíveis acidentes, que passarão essencialmente pelas queimaduras.

Para derreter a cera deve ser utilizado um recipiente de metal que possa ir ao lume. Uma fritadeira eléctrica com termóstato também será útil, pois permite manter a cera a uma temperatura ideal para ser trabalhada. O tamanho do recipiente depende sempre da quantidade de cera com que se está a trabalhar, nunca o devendo sobrelotar. Por motivos de segurança, a cera deve ser derretida de forma lenta, sendo o banho-maria<sup>171</sup> uma das soluções, reduzindo a velocidade do aquecimento. Directamente ao lume, a cera aquece primeiro no fundo, podendo criar bolhas de ar que, ao rebentarem lançam cera que pode causar um acidente. Para evitar que isso

---

<sup>169</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 40.

<sup>170</sup> Ver Anexo III.

<sup>171</sup> Banho-maria é um método utilizado para aquecer lenta e uniformemente qualquer substância líquida ou sólida num recipiente, submergindo-o noutro, onde existe água a ferver ou quase.

aconteça, deve ser efectuado um orifício na cera até ao fundo<sup>172</sup> do recipiente, que funciona como respirador, permitindo que o ar gerado se liberte sem dificuldades e em segurança.

Ao introduzir a cera num recipiente para ser derretida, esta deve ser fraccionada em pequenos bocados para que derreta de modo mais fácil e mais controlado. Caso esteja em pedaços muito grandes, poderá ser congelada para que a sua temperatura baixe e seja mais fácil a sua divisão.

A cera nunca deve ser deixada derreter sem supervisão, pois pode sobreaquecer. Deve ser mantida a uma temperatura constante, e ter especial atenção para que não se dê a introdução de água quando está em ebulição, pois o choque térmico causará a expelição de cera que poderá levar a graves acidentes. Quando esta atingir o estado líquido, não deverá permanecer na fonte de calor, pois irá aumentar demasiado a sua temperatura, aproximando-se do seu ponto de ignição. Se a cera começar a fumerar é porque está demasiado quente e deve ser arrefecida. Se, por algum motivo, esta incendiar, nunca se deve apagar as chamas com água, mas sim colocar um pano ou uma manta sobre o recipiente que contém a cera para impedir a entrada de oxigénio e assim extinguir o incêndio.

As misturas das ceras devem ser feitas com cuidado, tendo sempre atenção para que a capacidade do recipiente não seja excedida pela quantidade de cera que se pretende preparar. A adição deverá ser feita por uma determinada ordem, sendo que a cera será a primeira a ser introduzida, seguida pelos restantes ingredientes, resina, pigmentos, entre outros. A mistura deve ser constantemente mexida até que todas as partes estejam derretidas e bem envolvidas. Se algum dos elementos deixar sedimentos, a mistura deve ser filtrada.

A cera deve ser libertada de toda a água que possa conter, para isso é necessário que seja fervida<sup>173</sup>. Só a ebulição da cera irá permitir a libertação total da humidade nela contida, que poderá ser prejudicial na realização do modelo e dos respectivos moldes.

Um trabalho em cera nunca terá grande durabilidade, uma vez que esta não possui a capacidade de enrijecer de forma definitiva, como é o caso do barro quando

---

<sup>172</sup> MILLS, John – op. cit., p. 222.

<sup>173</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 145.

cozido. A cera manterá sempre uma reversibilidade que é tida em conta e aproveitada pelo modelador. Esta característica implica que o objecto realizado seja mantido em condições adequadas à sua preservação. Em muitos casos, os esboços realizados em cera eram conservados após a aplicação de vernizes, que a protegia de se deformar, durante muito tempo. No entanto, apesar das suas grandes capacidades plásticas, a cera é um material essencialmente de passagem para outro material de maior durabilidade.

A cera pode ser trabalhada de várias formas. Quando se opta pela modelação directa, esta pode ser realizada de um modo semelhante à modelação em barro, ou pelo uso de placas de cera. No primeiro caso, poderá existir um núcleo previamente realizado, onde a cera é aplicada de modo uniforme e homogéneo, sendo posteriormente modelada. A outra hipótese de modelação directa é a realização de placas de cera que serão utilizadas para a construção do modelo. Para realizar estas placas é necessária uma superfície limpa e lisa, onde se possa verter a cera em estado líquido<sup>174</sup>. Ao arrefecer, irá criar placas com uma espessura aproximada de 2 a 3 mm, que poderão ser trabalhadas mediante o desejo do modelador. As diferentes partes da cera podem ser facilmente soldadas, com o auxílio de uma faca quente. Esta deve ser colocada entre as partes a soldar, enquanto são pressionadas uma contra a outra. A faca quente irá derreter ligeiramente as superfícies de ambos os elementos e, ao retirá-la, estes irão solidificar juntos, ficando assim soldados. Os dois elementos deverão ser mantidos seguros até que a cera esteja bem arrefecida. Caso haja alguma movimentação durante o arrefecimento, pode dar-se uma incorrecta solidificação e a cera quebrar quando menos se espera. Para acelerar o arrefecimento da soldadura, pode submergir-se a peça em água.

A faca, ou instrumento semelhante, para além de ajudar na soldadura poderá ser utilizada para criar texturas ou alisar superfícies. Todavia, há que ter cuidado com a temperatura do utensílio, para que não cause danos no modelo, como sejam pingos que possam surgir das soldaduras ou do tratamento de superfícies, uma vez que estas podem danificar o objecto.

Porém, o método mais utilizado na modelação da cera é o indirecto e passa essencialmente pela construção de ceras através de moldes. Os moldes podem ser de

---

<sup>174</sup> DUHAMEL, Olivier O. – op. cit., p. 18.

gesso ou moldes flexíveis. Estes últimos, são geralmente feitos de borracha de silicone, que permitirá um molde com menos partes e sem grandes preocupações com as prisões. Os elementos do molde realizados em silicone são suportados pelas madres feitas em gesso ou em resina e fibra de vidro.

Para trabalhar com a cera em moldes é necessário prepará-los antes da aplicação desta. Quando a cera for aplicada em moldes de gesso, estes devem estar molhados<sup>175</sup>, para que seja possível retirá-la quando solidificar. Porém, todo o excesso de água deve ser, cuidadosamente, retirado para que não fiquem marcas de água na cera. Num molde flexível, este apenas necessita de estar convenientemente limpo.

Com a excepção dos pequenos objectos, os moldes irão permitir que as peças fiquem ocas. Um dos métodos utilizados para fazer o enchimento é abrir o molde e pincelá-lo com uma fina camada de cera<sup>176</sup>. A camada secundária poderá ser efectuada com a cera ligeiramente mais fria. Serão aplicadas várias camadas de cera, consecutivamente, até que as paredes atinjam a espessura desejada para a fundição. Antes de fechar os moldes, deve certificar-se que a cera foi aplicada de forma homogénea, não existindo zonas mais finas que outras. Seguidamente, as zonas de encaixe do molde devem ser limpas, para que este volte a fechar sem dificuldades. Depois do molde fechado, é vertida uma porção de cera em estado líquido para o seu interior, para que as várias partes da cera se possam unir. Deve-se certificar que esta passa por todas as junções do molde, de modo a que a peça fique bem unida. O excedente é extraído de volta para um recipiente.

O arrefecimento da cera depende da temperatura ambiente, da sua quantidade e qualidade. Um dos modos de verificar a temperatura certa para se trabalhar a cera é quando esta forma uma película à superfície.

Porém, a temperatura ideal para aplicar a cera com um pincel é a temperatura imediatamente anterior ao início da libertação de um leve fumo<sup>177</sup>. A cera deve ser aquecida até à libertação de fumo e depois retirada da fonte de calor e deixada a arrefecer até que o fumo cesse. A esta temperatura, as marcas do pincel não ficam gravadas na cera. Contudo, para aplicar em moldes de borracha a temperatura terá de ser ligeiramente mais baixa. Quando a cera for aplicada com o pincel, este não deve

---

<sup>175</sup> MILLS, John – op. cit., p. 50.

<sup>176</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 37.

<sup>177</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 142.

ser demasiado grande, sendo conveniente a aplicação na direcção oposta às pequenas bolsas de ar, para que a superfície fique correctamente preenchida (**Fig. 43**).

Quando a aplicação da cera não pode ser realizada com o auxílio de um pincel, um outro método a ser utilizado é o vazamento para o interior do molde. Uma quantidade suficiente de cera deve ser introduzida no molde, a uma temperatura semelhante à que se utiliza quando é pincelada. Deve ser assegurado que todas as zonas do interior do molde são cobertas com a cera e, de seguida, o excesso deve ser imediatamente retirado, deixando apenas uma fina camada. As seguintes camadas deverão ser ligeiramente mais frias e esta operação deverá ser repetida até ter uma camada suficiente de cera que permita a fundição. A correcta temperatura para as camadas secundárias pode ser testada introduzindo um pedaço de cera sólida na cera que se pretende testar<sup>178</sup>. Este pedaço deverá permanecer na cera líquida durante 25 segundos e de seguida ser retirado. Se o pedaço de cera derreter é porque esta está demasiado quente, e se se formar uma camada de aproximadamente 2 mm à sua volta, significa que a cera está a uma temperatura ideal para as próximas camadas.

Muitas vezes são utilizadas, na mesma peça, duas receitas de cera. São geralmente constituídas pela mesma cera, mas com proporções diferentes. As primeiras camadas contêm maior quantidade de cera de melhor qualidade, como a cera de abelha refinada. As camadas posteriores terão uma maior quantidade de breu<sup>179</sup>. Esta dará um maior ponto de fusão e mais resistência. Por ser mais resistente, todas as zonas mais frágeis, assim como as zonas de união dos moldes, são reforçadas com cera. Esta mistura também poderá ser utilizada para construir todos os canais do sistema de alimentação e de ventilação.

Para um bom revestimento da cera com material refractário, esta deve ser pré-lavada com um agente desengordurante, de modo a permitir uma boa aderência deste material. Um detergente líquido ou um álcool, como o álcool metílico<sup>180</sup>, deve ser passado pela superfície do modelo, incluindo o sistema de ventilação e alimentação.

A cera deve ser pesada antes realização do molde, para que se possa estimar a quantidade de bronze que será necessário fundir. O peso da cera é proporcional ao do

---

<sup>178</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p.143.

<sup>179</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 39.

<sup>180</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 178.

bronze (1 para 10)<sup>181</sup>, equivalendo 1g de cera a 10 g de bronze.

### 3.3 - Sistema de alimentação e de ventilação

O sistema de alimentação, ou sistema de gitagem, é composto por um conjunto de canais que conduzem o metal fundido até à cavidade interior do molde. O sistema de ventilação, também conhecido por respiradores, é constituído pelos canais que permitem a libertação dos gases do interior do molde.

O significado dos termos utilizados para os elementos que formam o sistema de gitagem difere ligeiramente entre o método de areia e o método de cera perdida<sup>182</sup>. No processo de cera perdida, o termo “alimentador” refere-se habitualmente a qualquer parte do sistema de gitagem. Por outro lado, no método de areia as várias partes têm termos específicos. A boca de enchimento, comum a ambas as técnicas, é o local onde o metal fundido entra no molde; o gito de enchimento<sup>183</sup> conduz o metal da boca de enchimento até ao elemento seguinte e está geralmente na vertical; o gito de alimentação<sup>184</sup> refere-se à parte que transporta o metal do gito de enchimento para os canais seguintes e está geralmente na horizontal; os canais de ataque<sup>185</sup> são pequenos alimentadores que estão directamente ligados à cavidade do molde (**Fig. 44**).

Durante a construção dos moldes de areia, são utilizadas cavilhas de ferro ou madeira para a execução do sistema de gitagem. Quando estas são removidas devem deixar canais limpos até à cavidade do metal. Na cera perdida, o sistema de gitagem é construído através de canais feitos em cera, que devem ser convenientemente soldados ao modelo. Dependendo de cada caso específico, as medidas base utilizadas para a construção dos canais de todo o sistema de gitagem e ventilação podem variar entre 12 mm, 10 mm e 6 mm<sup>186</sup>.

---

<sup>181</sup> VASARI, Georgio – op. cit., p. 163.

<sup>182</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p.161.

<sup>183</sup> Trad. *sprue*, Ibid.

<sup>184</sup> Trad. *runner*, Ibid.

<sup>185</sup> Trad. *gates*, Ibid.

<sup>186</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p.162.

O modo mais fácil e eficaz de criar canais em cera é através de moldes em gesso, construídos com a ajuda de varas de diferentes diâmetros. Após a realização destes, deve-se assegurar que os mesmos estão húmidos e que as partes do molde estão convenientemente presas antes da introdução da cera líquida. Quando esta estiver solidificada, será apenas necessário abrir os moldes e aplicar os canais no modelo. Os canais com pequenos diâmetros, geralmente utilizados como respiradores, podem ser feitos mergulhando uma linha em cera líquida até que atinjam o tamanho desejado.

A boca de enchimento deve ser suficientemente funda e ampla para que seja fácil a introdução do metal fundido. Esta deverá ser ligeiramente afunilada, com cerca de 10 cm de profundidade, 12 cm de diâmetro superior e 9 cm de diâmetro inferior<sup>187</sup>. Um copo de plástico descartável pode ser uma solução viável e prática. A boca de enchimento deverá ter alguma resistência e estabilidade, pois, em alguns casos, esta pode servir de base durante a colocação dos gitos ou durante a realização das várias camadas do molde.

O sistema de alimentação e de ventilação pode ser feito interna ou externamente, e de um modo directo ou indirecto<sup>188</sup>, dependendo sempre de cada objecto. Sempre que os gitos forem colocados no interior da peça, existe a vantagem de estes não danificarem a superfície exterior, no entanto, dificilmente serão retirados do seu interior devido à dificuldade de acesso. Neste caso, todos os canais terão de ser construídos antes da execução do núcleo.

Dependendo da forma como o sistema de alimentação e ventilação é construído, o enchimento do molde com o metal fundido pode ser feito de modo directo ou indirecto (**Fig. 45**). No primeiro caso, o enchimento da cavidade do molde é feito de modo rápido e indiscriminado, pela parte superior da peça, sendo o ar forçado a sair pelos respiradores na base do objecto. A desvantagem deste processo é a relativa turbulência, pouco conveniente quando existe um núcleo no interior da peça. Por outro lado, o facto de ter poucos gitos irá causar danos na superfície que serão pouco significativos, poupando trabalho nos acabamentos. O método indirecto fará o enchimento pela base, forçando o ar a sair pelo topo. Ao contrário do método directo, este tem o mínimo de turbulência, porém, serão necessários mais canais, o que

---

<sup>187</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 163.

<sup>188</sup> Ibid.

danificará em grande medida a superfície da peça e resultará em mais acabamentos.

Apesar de alguns materiais refractários serem suficientemente porosos para a libertação da maioria dos gases, os respiradores são elementos importantes para assegurar uma saída rápida de todos os gases da cavidade do molde. Estes devem ir do centro do núcleo e do tecto da cavidade do molde até ao seu exterior. Isto é, quando o metal fundido é introduzido no molde, são aprisionados gases nos pontos mais altos do seu interior, que devem ser libertados através dos respiradores. Estes canais devem ir até ao topo do molde e nunca devem estar a menos de 3 cm<sup>189</sup> da boca de enchimento. Os respiradores, sempre que possível, devem ser colocados em zonas mais grossas do modelo e em zonas convexas e com o mínimo de textura e detalhe possível, para que a superfície não seja demasiado danificada e seja mais fácil a sua remoção. A quantidade de respiradores irá depender da forma do objecto, assim como do material refractário utilizado na construção do molde.

O sistema de gitagem deve ser colocado tendo em conta o sentido de enchimento mais conveniente para o modelo. A peça deve ser orientada de modo a necessitar do menor número possível de respiradores e colocada numa posição onde a maior parte dos planos fique na vertical para que o metal possa fluir com facilidade e para que a cera possa sair sem dificuldade. Se o enchimento for realizado na horizontal, os canais devem seguir a direcção de entrada do metal<sup>190</sup>.

Os moldes e a aplicação de diferentes materiais refractários irão influenciar alguns aspectos na construção do sistema de alimentação e ventilação. Quando é utilizado o sistema de moldes com chamote e gesso, estes irão fortalecer e estruturar todos os canais, contrariamente à técnica *ceramic shell*, na qual os canais terão de ter resistência suficiente para suportar toda a casca até que esta seja sujeita ao fogo, onde ganhará resistência. Também o tipo de metal utilizado irá influenciar todo o sistema de alimentação. O alumínio, por exemplo, tem um ponto de fusão mais baixo que o bronze, necessitando de gitos e de uma boca de enchimento mais grossos, para prevenir distorções causadas pela contracção.

O metal, quando é fundido, começa a arrefecer e, conseqüentemente, a solidificar, logo que o cadinho é retirado do forno, sendo este processo acelerado

---

<sup>189</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 163.

<sup>190</sup> HURST, Steve - **Metal Casting**. Warwickshire : ITDG Publishing, 1996, p. 123.

quando entra no respectivo molde. Um bom sistema de gítagem irá permitir uma boa solidificação do metal, fazendo com que todos os possíveis defeitos ocorram no sistema de alimentação e ventilação e não na peça.

O metal irá solidificar de fora para dentro, isto é, das paredes do molde para a cavidade central (**Fig. 46**). Esta situação levará a um aumento da densidade do metal e à redução do seu volume, que resultará na contracção do mesmo. Quando se funde metal puro, este solidifica a uma temperatura específica<sup>191</sup>, porém, na grande maioria das vezes, são utilizadas ligas, o que faz com que a solidificação abranja um intervalo de temperatura maior, gerando em simultâneo zonas sólidas e zonas líquidas. Quando o metal está a arrefecer vai contraindo, alimentando-se das zonas ainda líquidas. Contudo, o facto de existirem zonas sólidas misturadas com zonas líquidas leva ao estrangulamento dos canais, impossibilitando que o metal possa chegar a todas as partes do molde, ou que, quando estas zonas contraem, não tenham material para se alimentar, gerando deformações. Para evitar esta situação os gíto de alimentação e de enchimento têm de ter quantidade suficiente de metal líquido para fornecer à peça quando esta necessita. Neste sentido é indispensável colocar vários canais em locais estratégicos espalhados pela peça.

Como o metal irá solidificar das zonas mais finas para as zonas mais grossas, os canais devem ser colocados nestas últimas, de modo a permitir que toda a peça seja preenchida e para que estas possam funcionar como reservatórios de material, uma vez que as zonas mais espessas irão ter maior contracção e necessitarão de material para se alimentarem. Se por algum motivo não for possível a colocação de gíto nessas zonas, é aconselhável o emprego de depósitos de material onde se prevejam grandes contracções<sup>192</sup>. Estes terão material suficiente para que a peça se alimente no momento da contracção, sem que sofra deformações. Caso seja utilizado o método de areia, estes devem estar posicionados na caixa inferior, enquanto os gíto devem estar na caixa superior.

Todo o sistema de alimentação e ventilação tem de permitir que a solidificação se inicie na peça, passe para os gíto e finalize na boca de enchimento, prevenindo deformações no obra fundida. Se todo o sistema for bem planeado, todos os defeitos, deformações e contracções irão acontecer nos canais e não na escultura.

---

<sup>191</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p.166.

<sup>192</sup> AMMEN, C. W. – op. cit., p. 148.

A entrada do metal no molde pode causar turbulência, resultando na erosão do molde, na libertação de gases, na oxidação do metal e na inclusão de material refractário no metal fundido. Porém, isto pode ser minimizado se for assegurada uma boa circulação do metal através de um bom sistema de gitos. Curvas demasiado angulosas e mudanças abruptas de diâmetro dos canais devem ser evitados<sup>193</sup>. As curvas devem ser suaves e as junções dos canais devem ser envolvidas, suavizadas e simplificadas com cera para eliminar ângulos nas junções (**Fig. 47, 48**). Não deverão existir estrangulamentos violentos nos canais, sendo que os gitos, sempre que possível, devem ter uma espessura similar à espessura do local da peça onde serão soldados. Se a própria peça tiver grandes mudanças de espessura, a zona mais grossa deve ter um canal que possa funcionar como reservatório, para que, ao solidificar e contrair, a sua superfície não seja danificada.

Outro factor a ter em consideração é a pressão impressa pelo metal. Esta será exercida da boca de enchimento para os gitos, e destes para os canais de ataque que irão permitir um completo e eficaz enchimento de toda a peça. O metal líquido irá provocar pressão sobre o núcleo, o que poderá ser problemático se este for demasiado grande ou se estiver seguro de forma deficitária. O metal fundido exerce extrema pressão nas paredes do molde e o núcleo tende a subir. Uma maneira de evitar esta situação é realizar o enchimento de forma indirecta. Neste caso, os canais de ataque devem ter cerca de 2 a 3 cm de comprimento com 1 cm de diâmetro, devendo ser cortados com um ligeiro ângulo. Estes serão soldados ao modelo com intervalos de 15 a 20 cm, em zonas convexas, com o mínimo de detalhe possível e com um ângulo oposto à direcção da circulação do metal (**Fig. 49**), para assegurar que o metal fundido entra na cavidade do molde sem turbulência, realizando o enchimento de baixo para cima.

---

<sup>193</sup> HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 185.

### 3.4 - Fornos e cadinhos

Existem diferentes tipos de fornos, com características e especificidades distintas. Porém, todos têm como função principal atingir uma determinada temperatura com o objectivo de fazer uma cozedura ou fundir metal. No primeiro caso, a cozedura irá depender do tipo de molde e do material refractário que se queira cozer. Cada um apresenta características diferentes que devem ser tidas em conta, devendo os fornos cumprir as especificidades anteriormente referidas<sup>194</sup> em cada técnica.

Para fundir o metal, os fornos terão o mesmo princípio, atingir uma determinada temperatura, todavia, com diferentes particularidades. Independentemente do tipo de moldes utilizados, o forno de fundição de metal será, regra geral, sempre utilizado, uma vez que o metal é fundido num forno próprio e exclusivo para esse fim.

Para fundir metal, é necessário que o forno tenha flexibilidade para poder atingir diferentes temperaturas, de modo a ser possível fundir diversos tipos de metal com vários pontos de fusão. Existem fornos que têm a capacidade de se mover e de fazer o vazamento directamente para os moldes. No entanto, estes acabam por ser pouco versáteis dado que não é possível a substituição do cadinho. É aconselhado que este se possa retirar, para que seja possível substituí-lo mediante o metal a fundir, uma vez que diferentes metais devem ser fundidos em diferentes cadinhos para que não haja contaminações.

Todos os fornos devem ter uma conveniente extracção de ar para que seja possível a remoção de gases e fumos que se formam durante a fusão do metal.

Os fornos podem ser alimentados de diferentes maneiras, sendo as mais comuns o gás e combustíveis à base de petróleo, sendo que estes últimos conseguem atingir temperaturas mais elevadas.

Os fornos devem estar alojados em poços<sup>195</sup>, com a tampa ao nível do chão, permitindo uma saída mais fácil e mais segura do cadinho. São, de um modo geral, fornos com um desenho simples, feitos em aço com forma cilíndrica, revestidos com

---

<sup>194</sup> Ver Técnicas de fundição.

<sup>195</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 233.

material refractário no seu interior, com uma base onde o cadinho é colocado, e com uma tampa com uma abertura central. O queimador é colocado num dos lados, à altura da base do cadinho, de modo a que a chama não incida directamente sobre este (**Fig. 50**). Nesta posição, a chama irá circular em espiral à volta do cadinho, permitindo uma boa distribuição do calor. Dada a simplicidade deste tipo de fornos, eles são muitas vezes feitos pelos próprios escultores<sup>196</sup>.

É necessário assegurar alguns cuidados com este tipo de equipamento, devido às altas temperaturas que podem atingir. Fornos novos, com novos revestimentos ou que não sejam utilizados há muito tempo, devem ser aquecidos de forma lenta e gradual para remover toda a humidade que possa existir no seu interior, não só para prevenir acidentes, mas também para que o metal não absorva hidrogénio e oxigénio resultante dessa humidade.

A utilização continuada do forno leva ao depósito de algumas substâncias na sua base, formando uma dura camada vítrea. Esta tem de ser removida com os devidos cuidados para não danificar o revestimento interno do forno, e de modo a que o cadinho não fique colado à base impossibilitando a sua extracção com o metal fundido. Para que isto não aconteça, deve ser colocado um jornal ou um pedaço de cartão entre a base e o cadinho, criando assim uma camada de cinza que evita a colagem.

O material refractário no interior do forno deverá estar em boas condições, devendo ser substituído sempre que necessário para que não haja perda de calor. O queimador deve ser inspeccionado com regularidade.

Há também a possibilidade de construir um forno temporário de baixo custo em casa, mas este apenas funde pequenas porções de metal. Para tal, é necessário 1 m<sup>2</sup> de lã de vidro e alguns tijolos refractários<sup>197</sup>. Este forno deve ser feito num local aberto, de preferência no exterior e sem vento, sem qualquer material inflamável por perto.

Em primeiro lugar, devem ser colocados alguns tijolos no chão, para fazer uma pequena base, e outros na vertical, para edificar uma pequena parede, sendo que os tijolos da base serão cobertos com um pedaço de lã de vidro. O cadinho irá assentar nesta base e será também envolvido com lã de vidro, que deverá ficar a uma distância

---

<sup>196</sup> Ver, ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., pp. 126-135.

<sup>197</sup> DUHAMEL, Olivier O. – op. cit., p. 52.

de 3 cm deste<sup>198</sup>. Com o resto da lâ de vidro é feita uma pequena tampa, para que não se perca calor. Na lâ que envolve o cadinho realiza-se uma pequena abertura para que o queimador possa ser introduzido (**Fig. 51**). Este deve ser ajustado, sendo aconselhável que esteja a uma distância de cerca de 30 cm do cadinho, podendo esta variar mediante a potência do queimador.

O cadinho é um elemento frágil que se quebra com facilidade. Para que este não se quebre com o metal fundido no seu interior, deve ser inspeccionado com regularidade e cuidado, especialmente antes de ser utilizado. Os cadinhos têm de ser suficientemente refractários, para que possam resistir sem quebrar a altas temperaturas, e bons condutores térmicos, para permitir a transferência de calor para o metal. Devem, também, ser resistentes à corrosão e ser suficientemente fortes para suportar todo o peso do metal.

Os cadinhos podem ser feitos de carboneto de silicone<sup>199</sup>, para metais não ferrosos, e de argila de grafite, para metais ferrosos, ambos envidraçados para proteger da corrosão, erosão e da oxidação. De um modo geral, os cadinhos são comprados, dada a relação qualidade preço, porém, estes podem ser construídos em casa, com as condições e os cuidados necessários<sup>200</sup>.

A dimensão do cadinho é variável, dependendo do tamanho do forno e da quantidade de material que se pretende fundir. A sua durabilidade é inconstante, dependendo em grande medida do modo como é tratado. Os cadinhos devem ser guardados com o bocal virado para baixo, num local quente e seco, para prevenir a absorção de humidade, que poderá causar fissuras quando aquecido e induzirá à absorção de gases por parte do metal fundido, nunca devendo ser empilhados uns nos outros.

Com o uso a erosão começará a atacar as suas paredes, sendo necessária uma exaustiva inspeção antes de qualquer utilização. Um dos factores que irá aumentar a deterioração do cadinho será o contacto directo com as chamas, o que deverá ser vivamente evitado, pois diminuirá em muito o seu tempo de vida. Em cada utilização,

---

<sup>198</sup> DUHAMEL, Olivier O. – op. cit., p. 52.

<sup>199</sup> Trad. *Silicon carbide*, ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 234.

<sup>200</sup> *Ibid.*, pp. 141-146.

o seu aquecimento deverá ser gradual para que não existam choques térmicos.

Para evitar o choque térmico, todo o metal introduzido no interior do cadinho deverá ser pré-aquecido, bastando para isso que os elementos de metal permaneçam durante algum tempo sobre o forno. O cadinho não deverá ultrapassar 90% da sua capacidade, pois o metal fundido pode sair do seu interior durante o transporte.

Após o vazamento, quando o cadinho estiver vazio, este deve ser raspado e limpo de qualquer detrito que esteja no seu interior. Restos de metal e escória irão solidificar e expandir danificando-o.

No caso dos moldes em *ceramic shell*, o metal pode ser fundido no próprio molde. Isto apenas se fará em moldes pequenos, e tem a vantagem de não haver perda de calor do molde, nem do metal fundido. Para isso, é necessário construir um pequeno cadinho junto à boca de enchimento do molde (**Fig. 52**), com tamanho suficiente para a quantidade de metal necessário para o encher. O molde será introduzido dentro do forno de modo a que a boca do cadinho fique virada para cima e que a peça fique posicionada a seu lado com os canais de enchimento na horizontal. Quando o metal estiver fundido, o molde é retirado do forno e colocado na vertical, fazendo com que o metal escorra para o seu interior sem que se perca calor (**Fig. 53, 54**), atingindo sem dificuldade todas as zonas. Esta técnica não é passível de aplicar a moldes de chamote e gesso, uma vez que estes não têm resistência para aguentar temperaturas tão elevadas.

### **3.6 - Fusão e vazamento do metal**

Fundir o metal consiste em aquecê-lo a uma determinada temperatura até que este derreta, para que seja possível entrar facilmente em todas as zonas no molde. O metal não deve ser aquecido a uma temperatura insuficiente, pois não cobrirá todas as zonas do molde, nem deve permanecer durante muito tempo em estado líquido, pois irá absorver demasiados gases, que serão prejudiciais para o resultado final. No caso de absorver demasiados gases, a desgaseificação pode ser feita através de processos químicos. O fósforo pode ser utilizado para remover o oxigénio do cobre. No caso do

bronze e do latão, a desgaseificação pode ser feita com carvão vegetal, pois este consome o oxigénio à medida que arde, ou com bórax<sup>201</sup>. Qualquer um destes compostos pode ser adicionado momentos antes do metal ser vazado para o interior do molde<sup>202</sup>.

Para realizar todo o processo de fusão e vazamento de uma forma correcta e segura, há que ter em conta alguns aspectos. Todo o equipamento deve ser preparado e posicionado antes de o metal fundir. A vertedeira e o seu suporte<sup>203</sup>, assim como a tenaz do cadinho devem ser posicionados em frente ao forno, para permitir um transporte rápido e seguro do cadinho. Debaxo do suporte do cadinho deve ser colocada uma chapa de ferro, areia ou até tijolos refractários, para que, em caso de derrame do metal fundido, não se dê nenhum acidente. A areia também deve ser espalhada à volta dos moldes e dos moldes para os lingotes, que servirão para o metal excedente (**Fig. 56**).

Todas as ferramentas que irão estar em contacto directo com o metal fundido, incluindo os moldes dos lingotes, devem ser pintados com um revestimento de zircão à base de água<sup>204</sup>, para prevenir a contaminação do metal fundido com o ferro.

É necessária a presença de uma equipa preparada e preferencialmente com experiência. Quando o metal estiver fundido a equipa deve estar pronta e preparada, de modo a que todos saibam o que têm que fazer e quando, para que o metal não arrefeça antes do tempo e, sobretudo, para que não aconteçam acidentes. É fundamental que cada elemento da equipa saiba quais as suas responsabilidades e qual a sequência de enchimento dos moldes. Os moldes maiores devem ser cheios em primeiro lugar, para garantir que são totalmente preenchidos.

Todos os obstáculos devem ser retirados da zona de trabalho, permanecendo apenas o essencial para que todo o processo seja realizado eficazmente e sem incidentes.

O cadinho deve ser cheio com o metal a fundir, procedimento que deve ser

---

<sup>201</sup> Composto químico do boro, também conhecido como borato de sódio ou tetraborato de sódio.

<sup>202</sup> HURST, Steve - **Metal Casting**, p. 107.

<sup>203</sup> Ver utensílios, Fig. 55, Anexo I.

<sup>204</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 243.

realizado com algum cuidado pela fragilidade deste recipiente. O metal, assim como o cadinho, devem ser aquecidos de uma forma lenta para que não se dê qualquer choque térmico e para que seja possível a saída de toda a humidade existente. Se houver a necessidade de acrescentar mais metal durante a fusão, há que assegurar que este é previamente aquecido e não é introduzido no interior do cadinho de forma violenta, mas sim lentamente e com extremo cuidado.

O tempo necessário para a fusão do metal varia consoante a forno, o queimador e o metal a fundir. Porém, a primeira fusão será a mais demorada. No caso de ser necessário de fazer múltiplos vazamentos e encher o cadinho várias vezes com o metal, as fusões posteriores irão demorar menos tempo, pois o forno já está quente. A temperatura do metal deve ser constantemente controlada. Caso não haja um pirómetro, existem alguns métodos para verificar a correcta temperatura<sup>205</sup>. Quando o metal atingir a temperatura ideal, o forno deve ser desligado, a tampa desviada e o cadinho retirado com a ajuda de uma tenaz para o efeito (**Fig. 57**). O cadinho deve ser pousado num suporte, toda a escória deve ser retirada e, caso necessário, deve ser efectuada a desgaseificação. Um novo teste à temperatura deve ser feito, para confirmar que esta é a correcta. No caso do bronze, se a temperatura for demasiado elevada este sofrerá substancialmente mais contracções<sup>206</sup>.

O número de pessoas necessárias para o manuseamento do cadinho dependerá do seu tamanho. Um cadinho pequeno poderá ser manejado apenas por uma pessoa. Caso seja de uma dimensão maior, este deve ser manobrado por duas pessoas com o auxílio de um guincho. De um modo geral, o processo de transporte e de vazamento do metal é realizado por duas pessoas. O vazamento é executado com a ajuda da vertedeira, onde o cadinho deve ser convenientemente seguro, para que não tombe quando for inclinado para verter o metal para o molde. Durante o enchimento do molde uma terceira pessoa, com a ajuda de uma colher, deve garantir que nenhuma impureza entra no molde.

Ao vazar o metal fundido para o interior do molde, há que ter em atenção alguns aspectos fundamentais para que todo o processo decorra nas melhores condições: o cadinho deve aproximar-se o mais possível da boca de enchimento do molde; o vazamento deve ser contínuo, sem interrupções, de modo a que a boca de enchimento

---

<sup>205</sup> Ver Metais.

<sup>206</sup> HURST, Steve - **Metal Casting**. op. cit., p. 109.

permaneça sempre cheia de metal fundido<sup>207</sup>. Para assegurar que não há falta de metal durante o vazamento, deve ser sempre fundido mais metal do que se julga ser necessário.

Caso o molde comece a expelir metal, o vazamento deve ser automaticamente cessado. Ao continuar o enchimento, para além da perigosidade do acto, pode-se estar a transformar o molde num bomba.

Quando o molde estiver cheio, o metal fundido que sobrar deve ser colocado em moldes previamente aquecidos para criar lingotes e o cadinho deve ser limpo para que possa ser novamente utilizado em próximas fundições.

### **3.6 - Limpeza do metal**

Após o vazamento do metal, sua solidificação e arrefecimento, o passo seguinte será retirar todo o material refractário, para que de seguida se possa passar a uma fase de acabamentos.

No caso dos moldes de *ceramic shell*, estes começam a quebrar logo que o metal comece a arrefecer e a contrair. A casca cerâmica deve ser retirada manualmente, martelando os canais e fazendo vibrar o material<sup>208</sup>, permitindo assim que esta se liberte. A utilização do martelo deve ser feita com cautela para não danificar a superfície da peça. Para as zonas com mais detalhe e textura será fundamental a utilização de um cinzel. O restante material poderá ser removido com a ajuda de uma escova de aço ou com pressão de água.

No caso dos moldes de chamote e gesso, o arrefecimento é feito de um modo mais lento, devendo estes ser deixados em repouso de um dia para o outro. Caso isso não se verifique, será necessário algum cuidado, pois o material no interior do molde pode estar ainda bastante quente. Os moldes de chamote e gesso, depois de cozidos, tornam-se muito frágeis, sendo extremamente fácil a sua remoção, bastando para isso a ajuda de um martelo ou de um pedaço de ferro. A água também será um elemento

---

<sup>207</sup> AMMEN, C. W. – op. cit., p. 182.

<sup>208</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 253.

facilitador na desmoldagem.

Retirar o núcleo é essencial para preservar o bom estado do metal, assim como para reduzir o peso da peça. Para esta função é crucial a ajuda de um martelo manual ou pneumático, de um cinzel e água com pressão.

A melhor e mais bem fundida peça pode ser arruinada pelo modo como é finalizada. O metal excedente deve ser removido de modo lógico e com alguma paciência.

Quando a peça estiver completamente livre de material refractário, a fase seguinte será a extracção de todos os canais de alimentação e ventilação, e para isso é necessária uma rebarbadora. Uma das áreas de maior risco é o corte de todos os canais, que são muitas vezes retirados sem grande atenção ou cuidado, provocando graves danos na superfície (**Fig. 58**). É um trabalho que deverá ser executado com bastante cuidado para não correr riscos desnecessários. Neste sentido, os canais devem ser retirados em pequenas porções, garantindo um corte controlado e sem obstáculos. A serra manual ou a serra tico-tico são muitas vezes aconselhadas, pois permitem um maior controlo no corte.

Os pinos que sustentam o núcleo, assim como qualquer resíduo que possa estar contido no metal, devem ser removidos para prevenir contaminações e corrosões<sup>209</sup>. Os pinos devem ser retirados com um alicate, martelo ou maço de madeira. Caso não seja possível a sua extracção com estes métodos, deve recorrer-se a um berbequim fazendo um furo sobre o pino e assim retirar todo o metal intruso.

Antes de seguir para os respectivos acabamentos de superfície, deve ser feita uma avaliação dos possíveis defeitos da peça. Se esta tiver algum defeito, deve ser efectuada uma avaliação para aferir a viabilidade da mesma. Se os defeitos abrangerem a maior parte da obra, deverá ser posto em causa o seu arranjo ou a realização de uma nova fundição. Se apenas uma parte da peça estiver danificada, e dependendo do tipo de defeito, esta pode ser reconstruída ou, em casos extremos, pode ser novamente fundida e substituída. As soluções para cada caso podem ser múltiplas e variadas, dependendo sempre do tipo de defeito que a peça apresenta, do seu tamanho e do local onde se encontra.

---

<sup>209</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 263.

Sempre que se faz uma reparação na superfície, a peça deve estar apoiada, de modo a ficar segura e estável. É aconselhável que esta seja presa com grampos à bancada, certificando-se que estes não danificam a sua superfície.

De um modo geral, as ferramentas eléctricas de corte e desbaste são utilizadas para uma fase inicial, numa abordagem mais intensa e com menos pormenor. Para um tratamento de superfície mais específico são utilizadas técnicas de cinzelagem<sup>210</sup>, conformação manual<sup>211</sup> aplicação de materiais abrasivos e a soldadura, não só para o preenchimento de orifícios, mas também para a união das várias partes, caso existam. A técnica da conformação manual é bastante útil não só para dissimular irregularidades, mas também para criar ou recriar texturas na obra. Os bronzes e os latões podem ser soldados com oxiacetilénico, soldadura por arco ou com TIG (Tungsten Inert Gas)<sup>212</sup>. A última é a que revela os resultados mais satisfatórios, todavia, necessita de equipamento extremamente caro e requer alguma experiência no manuseio do equipamento.

Todos os orifícios são tapados, ou através de soldaduras, ou em casos mais pequenos, através da conformação. Em casos específicos, onde o orifício permita criar uma rosca<sup>213</sup>, este pode ser preenchido com um gito que sobeje. Isto é, no orifício é feita uma rosca fêmea, sendo feita uma rosca macho no gito a aplicar. O gito é enroscado no orifício e cortado rente à superfície. A zona é conformada manualmente de modo a não se notar a ligação dos elementos. Esta técnica irá garantir que não há diferenças no material na superfície da peça.

Depois de todas as imperfeições estarem resolvidas poderá ser necessário utilizar materiais abrasivos (lixas, limas ou jacto de areia) para uniformizar algumas irregularidades.

A limpeza das ligas de cobre pode ser feita com a ajuda de químicos, tal como o ácido nítrico ou sulfúrico. Assumindo que estes têm um elevado grau de pureza, deve ser diluída 1 parte de ácido em 8 partes de água<sup>214</sup>. Esta mistura deve ser feita

---

<sup>210</sup> Operação que consiste em remover o material excedente de uma peça através do corte de pequenos pedaços por meio de um cinzel ou buril.

<sup>211</sup> Também conhecida por repuxado ou repuxo, é uma técnica de trabalhar o metal que permite, com a ajuda de um martelo e de cinzéis, empurrar e estender o metal para uma determinada zona.

<sup>212</sup> HURST, Steve - **Metal Casting**, p. 155.

<sup>213</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 267.

<sup>214</sup> HURST, Steve - **Metal Casting**, p. 152.

adicionando o ácido à água, de forma calma e cuidadosa, para que não haja salpicos que possam causar acidentes. A mistura deve ser feita num recipiente de plástico ou cerâmico e nunca um recipiente de metal, para que não corroa e contamine a peça.

### 3.7 - Patinas

A patina é a cor e a textura da escultura, geralmente com referência ao envelhecimento natural da superfície. Os escultores do Renascimento, influenciados pelas descobertas arqueológicas, desenvolveram falsas patinas que simulavam um estilo envelhecido semelhante aos bronzes descobertos. Resíduos de tinta foram encontrados na escultura antiga<sup>215</sup>, que nos remetem para o interesse na coloração que remonta a tempos anteriores ao Renascimento. Este interesse permaneceu e tornou-se norma, sendo ainda hoje utilizada na maior parte da escultura em bronze. Vasari refere que as patinas são ganhas com o tempo, porém menciona o uso de vinagre para obter uma coloração verde, assim como o óleo para patinar o bronze de preto<sup>216</sup>.

O objectivo das patinas não é apenas dar uma determinada cor a uma escultura, mas sim enfatizar a forma. Uma incorrecta patina pode destruir uma obra, mas, por outro lado, uma boa patina não fará de uma peça medíocre uma obra genial, mas certamente evidenciará as suas formas de um modo positivo.

A patina natural mais comum no bronze é a de cor verde, que pode ir de um verde esmeralda até um verde terra próximo do preto<sup>217</sup>. O aparecimento de patinas naturais irá depender da presença de químicos num determinado ambiente, da sua concentração, da temperatura e da duração da exposição do metal. Visto que estes parâmetros variam em grande medida em ambientes naturais, as patinas são grandemente influenciadas pelas mudanças ambientais e podem continuar a modificar-se durante vários anos. Estas mudanças poderão, eventualmente, causar danos no metal se não forem devidamente travadas através do tratamento por meios artificiais.

---

<sup>215</sup> MILLS, John – op. cit., p. 162.

<sup>216</sup> VASARI, Georgio – op. cit., p. 166.

<sup>217</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 209.

As patinas artificiais são utilizadas para atingir uma coloração controlada do metal, relativamente rápida, com a ajuda de químicos específicos. Existe um variado número de receitas de patinas com diferentes tipos de aplicações.

A coloração do bronze irá ser influenciada por múltiplos factores. Para além da temperatura e dos químicos, o tipo de liga, a espessura do metal, o tipo de moldes utilizados, a estrutura do metal e os seus acabamentos vão ser condicionantes na altura da aplicação da patina<sup>218</sup>.

Para assegurar uma uniforme e aderente patina, a superfície deve estar preparada para receber os químicos. O metal deve estar limpo, sem resíduos nem gorduras, que poderão inibir a aderência da patina. De um modo geral, devem ser feitas duas operações de limpeza do bronze antes da aplicação dos químicos. A primeira, consiste em remover todo o tipo de resíduos, tendo uma especial atenção para que não hajam vestígios de material refractário pertencentes ao molde em zonas pequenas ou com grande textura. A segunda operação de limpeza deve garantir que não permaneça qualquer tipo de gordura no metal, incluindo dedadas, pois irão criar manchas indesejadas na coloração deste. Uma lavagem com um detergente sem amoníaco e água<sup>219</sup> será suficiente para a limpeza do metal, porém, a peça pode ser preparada pela sua imersão em ácido diluído<sup>220</sup> ou numa solução alcalina<sup>221</sup>, que limpará o metal de todos os resíduos que este possa conter e irá expor a superfície do mesmo para posterior reacção química. Uma outra opção será uma mistura de bicarbonato de sódio e detergente aplicada com uma escova e, em casos extremos, a aplicação de soda cáustica<sup>222</sup> à temperatura ambiente ou a ferver.

Após a limpeza, a peça deve ser passada por água fria corrente. Esta pode ser ligeiramente limpa com pedra-pomes<sup>223</sup> e água, imediatamente antes da aplicação dos químicos. Isto irá reduzir a tensão na superfície e ajudar na consolidação da cor por parte do metal. Esta operação não deverá ser feita em áreas que tenham superfícies espelhadas, mas será indicada para todas as outras, incluindo as que serão polidas.

---

<sup>218</sup> Ver, HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guption Publications, 1991, pp. 23-26.

<sup>219</sup> HUGHES, Richard ; ROWE, Michael – op. cit., p. 26.

<sup>220</sup> Ver Limpeza do Metal.

<sup>221</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 277.

<sup>222</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 218.

<sup>223</sup> HUGHES, Richard ; ROWE, Michael – op. cit., p. 27.

Depois de todo o tratamento e limpeza do bronze deve ser imediatamente aplicada a patina. Caso isso não se verifique, a peça deve ser mantida em água limpa, para que não se corra o risco de novas gorduras se instalarem na superfície do metal.

Para a aplicação das patinas é necessário reunir um conjunto de condições que permitirão a sua aplicação de uma forma eficaz e segura. Esta deve ser empregue numa sala específica com uma boa iluminação e bem ventilada com um sistema de extracção de fumos. O local deve ter ligações de água quente e fria e ser revestido com azulejo e aço inoxidável nas zonas de trabalho, para facilitar a limpeza e para que não ocorra corrosão dos materiais por parte dos químicos.

Serão necessários alguns materiais como: medidores de peso e de líquidos; um maçarico a gás; um almofariz e pilão para moer alguns químicos; recipientes para misturar as soluções; pincéis resistentes ao calor; esponjas; panos e esfregões.

Quando falamos do bronze, metal onde incidirá o nosso estudo, será possível aplicar uma coloração escura sem o emprego de químicos, apenas através da utilização de calor. O calor induz a formação de óxidos naturais, que permitirá uma coloração que pode ir de um castanho dourado com tons avermelhados, até um castanho escuro. Se atingir temperaturas superiores aos 400° C durante mais de 2 horas irá resultar numa coloração escura, enquanto um aquecimento rápido, seguido de um arrefecimento brusco em água, fará o bronze alcançar tonalidades púrpuras<sup>224</sup>.

Existem vários métodos de aplicar os diferentes químicos para atingir as respectivas colorações, que podem ser utilizadas singularmente ou combinadas. A perícia de toda a técnica é saber atingir e gerir a temperatura e a quantidade de químicos aplicados. O metal não deve estar demasiado quente, nem devem ser empregues quantidades excessivas de químicos. É necessário dar tempo para que a solução possa actuar sobre o bronze, sendo preferível ir aplicando pequenas camadas sucessivamente, do que tentar acelerar todo o processo, correndo o risco de resultar numa reacção exagerada ou na queimadura da solução.

Para a obtenção da coloração desejada são necessárias múltiplas aplicações sobre uma patina base<sup>225</sup>. Esta, geralmente castanha escura ou preta, assegura uma boa condição para as posteriores aplicações de químicos. A primeira aplicação deve

---

<sup>224</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 278.

<sup>225</sup> Ibid., p. 279.

ser deixada a secar, pelo menos um dia, podendo ser necessário mais algum tempo. Quando esta estiver seca, a superfície deve ser limpa com um pano ou um esfregão, para que qualquer resíduo existente seja retirado, ajudando na consolidação da superfície. Esta limpeza deve ser praticada entre as várias aplicações, após a correcta secagem de cada camada.

Entre as várias possibilidades de bases podemos destacar duas<sup>226</sup>. A primeira é alcançada com a aplicação de sulfureto de potássio, que irá produzir uma base castanha escura onde os outros químicos podem ser aplicados para produzir variadíssimas colorações. Este deve ser diluído em água (1 parte de sulfureto de potássio e 12 partes de água), podendo ser aplicado a quente ou a frio. O bronze pode adquirir desde um dourado a um profundo castanho escuro, dependendo da força da solução e da temperatura. A outra possibilidade para uma patina base é o nitrato de ferro, sendo muitas vezes utilizado pela sua capacidade de coloração. Pode atingir desde um castanho dourado até um castanho escuro avermelhado, dependendo da concentração da solução. Deve ser diluído em água (1 parte de nitrato de ferro e 120 partes de água), e aplicado a quente.

Praticamente todas as patinas são obtidas de forma lenta, utilizando várias camadas de químicos. A camada base irá definir as características de todas as camadas seguintes, e para isso é essencial que esta seja aplicada correctamente. Independentemente da sua cor, a base deve ter uma boa ligação à superfície do bronze.

Um factor importante na boa aplicação da patina é o manuseio do pincel. Este deve ser de cerda natural, sem vestígios de ferro nos elementos que o constituem. Deve ter uma quantidade generosa de pêlos para que absorva o químico e evite que estes se queimem. Cada químico deve ter o seu próprio pincel, para que não ocorram contaminações. Mesmo soluções iguais com diferentes concentrações devem ter diferentes pincéis.

A grande parte das soluções tem um percentagem de água, que pode ser água corrente, porém, o ideal é a utilização de água desionizada ou destilada para atingir melhores resultados.

---

<sup>226</sup> ROME, Richard ; YOUNG, Hamish – op. cit., p. 279.

Hoje em dia, e de um modo geral, as patinas são aplicadas a quente por ser um processo com resultados mais rápidos. A aplicação de patinas a frio implica o emprego dos químicos a uma temperatura ambiente. As reacções são geralmente lentas, podendo demorar alguns dias para que se consiga a cor pretendida. Uma temperatura ambiente quente e seca irá acelerar a reacção. No entanto, a patina aplicada a frio permite um melhor controlo de todo o processo pela lenta reacção dos químicos, permitindo parar o processo num exacto momento<sup>227</sup>.

A aplicação das patinas a quente implicará o aquecimento do bronze com um maçarico e o emprego dos químicos. O bronze deve ser uniformemente aquecido de modo a que a solução ferva automaticamente quando entra em contacto com o metal quente. Quando o metal está na temperatura correcta os químicos podem ser aplicados com um pincel, esponjas, esfregões ou borrifadores, utilizando diferentes técnicas e diferentes toques, com mais ou menos tensão.

A superfície apenas deve ficar levemente húmida, e uma maneira de assegurar que isso acontece é aplicar o químico e retirar o excesso com um pano ou uma esponja seca. Após a aplicação, o objecto é deixado a secar até que perca completamente a humidade. Em seguida é limpo e repetida a operação até que atinja a coloração pretendida.

Acelerar o processo não é uma solução viável. Ao fazê-lo, irá obter uma coloração opaca mais rapidamente, mas os resultados são superficiais e tendem a desfazer-se<sup>228</sup>. Forçar a secagem ou colocar a peça em locais mais quentes tende a que a cor tenha pouca aderência. Entre cada aplicação pode ser necessário esperar vários dias, para que o metal assuma a patina desejada.

Uma das técnicas mais utilizadas na escultura para a aplicação de patinas é a técnica do granido<sup>229</sup>, desenho feito com pequenos pontos com o auxílio de uma escova e de um maçarico. Não é das técnicas mais fáceis, nem das mais rápidas de executar. O maçarico deve ter uma chama média, para que aqueça o bronze a uma temperatura onde se possa tocar levemente, mas não se possa agarrar. A água da solução deve crepitar e evaporar sem violência.

---

<sup>227</sup> Ver Anexo IV.

<sup>228</sup> HUGHES, Richard ; ROWE, Michael – op. cit., p. 32.

<sup>229</sup> Trad. *stippling*, HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 221.

A maioria das patinas são aplicadas com movimentos verticais. O pincel não deve ter excesso nem falta de químicos, excepto com a técnica do granido onde o pincel, ou a escova, é praticamente seco e mal toca na superfície, apenas o suficiente para que a ponta da cerda toque ligeiramente o metal quente, criando pequenos pontos de cor (**Fig. 59 A**).

Para o marmoreado<sup>230</sup> são utilizadas principalmente soluções mais fracas. O pincel é premido contra a superfície e depois retirado (**Fig. 59 B**). A solução deve crepitar no metal quente e deixar um depósito, criando um contorno na zona em que o pincel contactou com o metal. O conjunto de diversas camadas de químicos irá deixar um efeito semelhante ao mármore.

Uma outra alternativa será a aplicação dos químicos no metal quente com um borrifador. Um simples borrifador de plástico em que se possa regular a saída da solução será suficiente para a aplicação da patina. Este irá permitir vários efeitos, desde os salpicos grosseiros até uma fina névoa.

A escova de arame ou um esfregão podem criar alguns efeitos, sendo utilizados para retirar partes de patinas, evidenciando a cor do metal ou pondo a descoberto camadas de patinas anteriormente aplicadas.

Uma maneira alternativa de aplicar as patinas, muito utilizada pelos franceses no século XIX<sup>231</sup>, é a aplicação de uma camada fina de químicos com um pincel em toda a superfície. Seguidamente, com um pincel seco, a solução é espalhada rapidamente em toda a superfície e em todas as direcções. Quando este pincel ficar demasiado húmido é utilizado um terceiro, que pode ser novamente substituído, até que toda a superfície fique completamente seca. A peça é deixada em repouso para que os químicos actuem sobre o metal, sendo posteriormente aplicadas novas camadas até atingir o resultado desejado.

Para além da aplicação directa dos químicos, existem outras técnicas que podem ser utilizadas isoladamente ou combinadas entre si.

Uma dessas técnicas é a imersão<sup>232</sup>. A sua grande desvantagem prende-se com o facto de apenas ser possível aplicar a peças de pequena e média dimensão. Consiste

---

<sup>230</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 266.

<sup>231</sup> HUGHES, Richard ; ROWE, Michael – op. cit., p. 32.

<sup>232</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 223.

essencialmente na imersão da peça limpa num recipiente com uma determinada solução até que a cor comece a mudar. Quando isso acontecer a peça é retirada, lavada em água corrente e deixada a secar para que o coloração se desenvolva. Caso necessário, o processo é repetido. O aquecimento da solução irá acelerar o processo.

Uma gama restrita de químicos são geralmente utilizados em forma de pasta<sup>233</sup>, para colorir o objecto de várias escalas. O mais comum é pasta à base de sulfuretos. De um modo geral, os ingredientes sólidos das receitas são misturados com pequenas quantidades de água, apenas o suficiente para que se possa ter uma boa consistência. No entanto, estes ingredientes têm diferentes resultados relativamente à sua aplicação tradicional, nos quais a quantidade de água seria substancialmente maior. Os ingredientes sólidos são moídos num almofariz e o componente líquido é adicionado gradualmente. A mistura adquirirá uma textura fina, de modo que a pasta possa escorrer lentamente em planos verticais.

A pasta pode ser aplicada de duas maneiras, obtendo com cada uma delas resultados ligeiramente diferentes. Pode ser aplicadas com um pano numa camada fina e deixada a secar. São aplicadas várias camadas até que se obtenha o coloração desejada. A outra possibilidade é a aplicação de uma camada com um pincel, deixando a peça secar durante bastante mais tempo. A pasta, depois de bem seca, é limpa e lavada com água, para que a cor se revele. Usando qualquer uma das técnicas, a pasta pode ser aplicada em toda a peça ou apenas em algumas partes, criando diferentes efeitos.

O metal também pode ser patinado pela exposição a vapores ou a gases por um determinado período de tempo<sup>234</sup>. A ideia é recriar ambientes em que se desenvolvem patinas naturais num espaço de tempo mais reduzido. A técnica consiste em colocar o objecto a ser colorido num compartimento estanque, onde os químicos estão presentes e libertam vapores e gases. A solução deverá estar no fundo do recipiente e o objecto suspenso ou numa base ligeiramente acima da solução, não permitindo que esta esteja em contacto directo com a peça, mas assegurando que os vapores circulem em torno da mesma. O objecto deve ser deixado nestas condições durante algum tempo, para que os vapores possam reagir sobre a superfície do metal, devendo ser regularmente monitorizado. Quando atingir a coloração pretendida, deve ser retirado e lavado em

---

<sup>233</sup> HUGHES, Richard ; ROWE, Michael – op. cit., p. 35.

<sup>234</sup> Ibid., p. 38.

água fria e deixado a secar.

É um processo simples, contudo, será apenas viável para peças pequenas. É aconselhável que o recipiente possa ser completamente selado, para que não haja fuga de gases, e que tenha um sistema que possibilite a entrada e saída dos químicos sem que seja aberto (**Fig. 60**).

Uma técnica pouco utilizada mas com grandes resultados é enterrar a peça durante algum tempo para que os sais da terra reajam com o bronze, dando uma aparência de patina velha. Este processo é muitas vezes combinado com urina<sup>235</sup>.

Com os princípios da técnica de imersão também é possível criar patinas através da impregnação<sup>236</sup>. É uma técnica lenta com algum gasto de químicos, mas que permite trabalhar peças de grande formato. Neste processo, a peça é imergida em serraduras ou aparas de madeira que foram previamente humedecidas com os respectivos químicos. Há que garantir que nenhuma das partes da serradura fica seca, pois a quantidade de humidade que o material absorve é bastante importante. Se estiver pouco impregnada com a solução, a acção será limitada a um determinado local e tenderá a secar e a ter pouca relevância no efeito produzido na superfície do metal. Se estiver demasiado embebida, pode criar zonas onde se acumulam muitos químicos, criando irregularidades e manchas.

Na preparação da serradura ou aparas de madeira, estas devem ser bem espremidas, para prevenir o excesso de solução, de forma a não pingar. Para testar se o material tem humidade a mais, este deve ser colocado numa superfície não absorvente e, ao retirá-lo, a superfície apenas deverá estar húmida e não excessivamente molhada<sup>237</sup>.

O objecto a patinar deve ser colocado numa caixa de plástico, num balde ou numa caixa de madeira, desde que esteja forrada com plásticos. O recipiente deve aproximar-se da forma do objecto, para que seja necessário o mínimo de serradura possível. O material humedecido deve ser colocado na caixa de forma a fazer uma cama, onde a peça irá pousar, e, posteriormente, coberta com o restante material. Quando a peça estiver totalmente submersa, a caixa deve ser tapada, de forma a não

---

<sup>235</sup> HURST, Steve – **Bronze Sculpture Casting & Patination**, p. 223.

<sup>236</sup> Ibid.

<sup>237</sup> HUGHES, Richard; ROWE, Michael – op. cit., p. 38.

perder humidade.

A monitorização do desenvolvimento da patina pode ser feita de duas maneiras. A primeira, consiste em colocar um pedaço de bronze dentro do recipiente, nas mesmas condições que a peça. Sempre que desejar esse pedaço de bronze pode ser retirado, observando assim a sua evolução. O segundo método consiste em extrair a peça original, e caso ainda não esteja pronta, voltar a colocá-la nas mesmas condições<sup>238</sup>. Porém, a segunda hipótese tem uma desvantagem. O tipo de coloração é feito pelo contacto do material com a peça. Geralmente, o resultado é um conjunto de pequenos pontos que surgem do contacto da serradura com o metal. Ao remexer o material, a peça irá criar novos pontos de contacto em diferentes locais, criando uma nova textura.

Não é aconselhável que o material humedecido seque totalmente em contacto com a peça de metal, pois a sua remoção será bastante difícil. Caso seja necessário continuar o processo e o material esteja a perder a humidade, é aconselhável que se prepare nova mistura. Quando se atingir o resultado esperado, a peça deve ser lavada em água fria e finalizada.

Com esta técnica podem ser utilizados diferentes materiais para além da serradura ou das aparas de madeira, como, por exemplo, algodão ou tecido<sup>239</sup>. Cada material cria diferentes texturas na coloração, levando a diversos resultados. Podem ser criadas tiras com material absorvente e aplicadas na peça a patinar. Estas podem ser colocadas uniformemente em toda a peça ou criar padrões com diferentes formas e cores, ou até mesmo uma coloração parcial.

Sempre que as patinas estejam finalizadas, independentemente do processo utilizado, e a peça convenientemente lavada com água e seca, esta deve ser tratada. É essencial realizar a aplicação de cera, lacas ou vernizes.

O modo habitual de tratar os bronzes é através da aplicação de cera natural, como a cera de abelha, que, para além de proteger a superfície, realça as cores criadas pelas patinas. A cera de abelha é misturada com terebentina e pode ser aplicada com a ajuda de um pano. Quando estiver seca pode ser polida para que crie algum brilho.

---

<sup>238</sup> HUGHES, Richard ; ROWE, Michael – op. cit., p. 40.

<sup>239</sup> Ibid., p. 41.

### 3.8 - Fundição em Portugal na actualidade

Ao tentarmos fazer uma análise do estado da fundição em Portugal, esta torna-se muito condicionada pela falta de informação, podendo-se retirar daí algumas conclusões. É possível que estejamos a passar por uma fase análoga à Idade Média, no que diz respeito à fundição, durante a qual a prática da tecnologia era quase inexistente, perdendo-se, assim, o conhecimento técnico.

Apesar de muitos artistas continuarem a fundir as suas peças, uma nova geração distancia-se do trabalho oficinal, privilegiando apenas a ideia. Se no Renascimento o artista teve a necessidade de aumentar a sua cultura ao nível teórico, talvez hoje em dia seja benéfico que se adquira alguns conhecimentos da prática oficinal. Como refere António Pedro, “A técnica é a capacidade formal de transposição em matéria plástica da emoção estética do artista, de forma a que possa dar-se, entre ele e o público, uma corrente simpática que permita a comunicação.”<sup>240</sup>. A técnica e a obra de arte são indissociáveis, estando a primeira ao serviço da segunda, tendo esta que se adaptar à finalidade sensível a que se destina. A técnica deve-se confundir com o próprio pensamento estético, desenvolvendo-se em paralelo com a criação artística.

No caso específico da fundição, não são muitos os relatos de artistas que reflectem sobre a técnica. Porém, António Duarte (1912-1998) refere as qualidades do bronze, nomeando-o como um material que “[...] permitiu grande revolução na conquista dos volumes no espaço, criando espaços insuspeitados antes; pelo movimento, faz atingir total expressão ao corpo humano[...].”<sup>241</sup>.

Joaquim Correia (1920) assume a sua preferência pelo metal, mais concretamente pelo bronze, dizendo que “É aquele que melhor regista, com todo o rigor, o meu trabalho de escultor. É aquele que nunca se nega a recolher, com a maior fidelidade, a mais pequena expressão que eu queira introduzir na forma.”<sup>242</sup>. O escultor refere outros materiais, mas é no metal que este se revê, permitindo-lhe uma

---

<sup>240</sup> PEDRO, António - **Introdução a uma História da Arte**. Lisboa : Horizonte, 1948, p. 69.

<sup>241</sup> GASTÃO, Marques - **Encontros com António Duarte**. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1989, p. 38.

<sup>242</sup> **A escultura de Joaquim Correia**. Lisboa : Verbo, 1982, p. IX.

maior liberdade no desenvolvimento das formas, chegando mesmo a afirmar que “[...] o metal é o mais generoso dos materiais de que o escultor se serve.”<sup>243</sup>.

Joaquim Correia, numa das poucas conferências que aborda a fundição na escultura, afirma claramente a importância da qualidade do bronze nesta arte. “Quando tenho oportunidade de falar nisso, apetece-me pedir socorro porque ao longo destes últimos anos tenho vindo a assistir à queda de tudo isto.”<sup>244</sup>. Refere também que, durante algum tempo, Portugal teve pessoas capazes de realizar boas fundições, salientado António Abreu, que fundiu a estátua de *D. João IV*, e que utilizava sempre o método de cera perdida, sempre com grande mestria e com excelentes resultados. Era um fundidor que não se limitava a fundir o bronze, fazendo sempre um acompanhamento de toda a escultura, contactando com o artista e averiguando eventuais problemas que a obra pudesse levantar relativamente à fundição. As qualidades de António Abreu, enquanto fundidor, eram também reconhecidas por Diogo de Macedo (1889-1959), que não deixava entrar no Museu de Arte Contemporânea nenhuma peça em bronze adquirida pelo Estado, que não tivesse sido fundida em cera perdida por este fundidor<sup>245</sup>. Este dominava todas as vertentes da fundição com excelência, inclusive as patinas, de particular interesse para os escultores.

Porém, António Abreu envelheceu sem que nada se fizesse para perpetuar a sua técnica e a sua oficina acabou por ser extinta.

Este é um problema que se mantém e que tem algumas repercussões no trabalho escultórico. Escultor e fundidor devem trabalhar em conjunto para o mesmo fim, sendo que uma má fundição, ou um mau fundidor, poderão arruinar uma peça.

Também José Aurélio (1938) demonstra algum interesse pelo bronze, assim como pela tecnologia que lhe é inerente. A sua curiosidade e a vontade de conhecer todo o processo a que as suas peças são sujeitas, leva o artista a permanecer longos períodos no local da fundição. Nestas temporadas, para além de acompanhar as suas obras, realiza pesquisas que lhe permitem executar novos trabalhos, isto é, “[...] novas formas de expressão a partir dos meios proporcionados pela fundição em

---

<sup>243</sup> **A escultura de Joaquim Correia**. Lisboa : Verbo, 1982, p. IX.

<sup>244</sup> CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS - **Encontros de Escultura**. Vol. II. Oeiras : Câmara Municipal, 2000, p. 91.

<sup>245</sup> *Ibid.*, p. 92.

areia.”<sup>246</sup>. Foi através da pesquisa continuada que desenvolveu experiências, em que criou peças fundidas sem modelo, talhando directamente na areia o negativo de formas imaginadas pelo escultor. Estas experiências têm uma grande influência no seu trabalho, apropriando-se de um método intermédio para o transformar numa técnica criativa. Esta experimentação levou à exploração das suas possibilidades, dando origem a uma produção substancial. Este método pode ser descrito como “desenho em areia”<sup>247</sup>, resultando em peças de grande liberdade criativa. Esta técnica é apresentada em exposições individuais de José Aurélio na Ogiva, em 1973. É um método que traduz uma nova liberdade, diminuindo a dependência de um processo que, em muitos casos, é alheio aos escultores.

Este é um caso claro em que a técnica pode ser a adaptação dos vários conhecimentos às necessidades circunstanciais e individuais de cada artista, e de cada situação na obra de arte. Cada artista possui uma linguagem própria, assim como cada material tem potencialidades específicas. É da exploração das potencialidades de cada material, ao qual está associada uma tecnologia com a sua própria linguagem, que surgem novas linhas estéticas e criativas.

Em Charters de Almeida (1935), o bronze também assume um papel fundamental na sua produção artística, sendo um material de eleição até uma fase posterior, por volta dos finais dos anos sessenta, na qual opta por outros metais e pela pedra. No entanto, é com o barro que encontra uma grande liberdade criadora, com o qual “[...] despertou para o mundo das formas plasmadas.”<sup>248</sup>. É no barro que encontra uma grande liberdade criativa, mas é com o bronze que as peças de Charters de Almeida assumem um carácter de obra final, em que este perpetua as formas merecedoras de imortalização: “O barro era um material de pesquisa, o gesso era o material intermédio e o bronze era o material definitivo, para onde passava o importante.”<sup>249</sup>.

António Vidigal (1936), enquanto professor na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, em parceria com António Sorroche Cruz, Cristina Branco e

---

<sup>246</sup> AURÉLIO, José - *Viagem pelo tempo*. In **Fogo e Areia. José Aurélio - Escultura Aurélio**. AURÉLIO, Joana ; AURÉLIO, José (Coord.). Óbidos : Câmara Municipal, 2005, p. 11.

<sup>247</sup> Ibid., p. 37.

<sup>248</sup> CUNHA, Rodrigo ; BAHIA, Maria João – Charters de Almeida visto por Maria João Bahia e Rodrigo Cunha. [Lisboa] : Círculo de Leitores, 2006, p. 31.

<sup>249</sup> Ibid.

Fernando M. Valdivieso, desenvolvem experiências plásticas executadas com poliestireno expandido<sup>250</sup>, que foi modelado e passado a bronze. É um processo que funde o método de areia com o método de cera perdida. A grande inovação é o facto de não ser necessária a remoção do modelo. Este é realizado directamente em poliestireno expandido, posteriormente são feitos os moldes, que não necessitam de ser cozidos, uma vez que são executados em areia verde. Em seguida, é vazado o bronze directamente para o interior do molde sem que se tenha retirado o modelo. A alta temperatura do metal irá inflamar o modelo tomando o seu lugar.

É um método simples e rápido, sem novidades relativamente ao processo, mas inovador pela integração de um novo material, sendo apropriado para as formas relativamente simples e sem detalhes.

A 14 de Fevereiro de 2006, António Vidigal proferiu a comunicação “Fundição de Escultura por Moldação Directa” na Academia Nacional de Belas-Artes. Esta baseou-se na descrição de um método desenvolvido pelo próprio que, em traços gerais, consistia no seguinte: inicialmente era realizado um modelo em barro e posteriormente era feito o molde, em chamote, em duas partes, de modo a que este pudesse ser aberto, possibilitando a extracção do modelo em barro; as duas metades eram, seguidamente, fechadas e seladas com mais material refractário e, depois de solidificado, o molde era posto a cozer, seguindo o processo habitual do método italiano.

Este processo tem a grande vantagem de não ser necessária a execução das ceras, porém, possui também algumas limitações, como a dificuldade de executar obras mais complexas ou ocas.

Joaquim Correia defende ainda que os artistas devem ter conhecimentos tecnológicos que lhes permitam operar sobre a matéria escolhida para o seu trabalho, “[...] os artistas, primeiro que tudo, têm de ser operários, têm de saber do ofício!”<sup>251</sup>. No entanto, o escultor dificilmente realizará a fundição da sua obra sozinho, e neste sentido, o papel do fundidor é preponderante. Contudo, a fundição em Portugal está em falência, e esta não é apenas uma ideia de Joaquim Correia. Ao falarmos com a

---

<sup>250</sup> Ver CRUZ, Sorroche ; VIDIGAL, António ; BRANCO, Cristina ; VALDIVIESO, Fernando M. – **Fundição como Modelo Perdido**. Lisboa : Faculdade de Belas Artes – Universidade de Lisboa, 2002.

<sup>251</sup> CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS – op. cit., p. 95.

Casa da Moeda damo-nos conta que as fundições “são cada vez mais raras”<sup>252</sup>, sendo o seu número de produções anuais cada vez menor, fazendo-se actualmente uma a duas edições. O baixo número de edições faz com que não seja rentável, tornando-se insustentável a continuação do serviço.

Esta ideia não é totalmente corroborada por Rui Palma, fundador e proprietário da fundição Mão de Fogo, em Montemor-o-Novo, que tem uma parceria tecnológica com a fundição artística AlfaArte de Bilbao. Este afirma que há procura por parte dos artistas portugueses<sup>253</sup>, para fundir as suas peças, porém, está a dar-se uma acalmia no mercado, devido à actual situação económica do país e à mudança de hábitos dos coleccionadores de arte. Este salienta que a fundição é uma tecnologia cara, pois todo o processo envolve uma gama vasta de produtos e de mão de obra que se quer especializada. Também a duração do processo, que pode ir de 6 a 8 semanas, será um factor que irá encarecer todo o processo.

Ambas as fundições, Casa da Moeda e Mão de Fogo, trabalham com o método de cera perdida, mais especificamente com a casca cerâmica, no entanto, a primeira limita-se a pequenos formatos.

Hoje em dia, muitos dos escultores portugueses fundem as suas peças em Espanha, por uma questão económica, ou por falta de oferta e qualidade deste serviço em Portugal. Todavia, não será certamente a parafernália tecnológica que obterá os bons resultados na fundição artística, mas sim um bom conhecimento e uma boa capacidade técnica de quem opera este tipo de trabalho.

---

<sup>252</sup> Ver Anexo V, entrevista Casa da Moeda.

<sup>253</sup> Ver Anexo V, entrevista com Rui Palma – Mão de Fogo.

## 4 - Monumentos equestres

A grande finalidade de um monumento é homenagear um acontecimento ou uma personagem que se tenha destacado numa determinada sociedade, imortalizando a sua memória no tempo. Assis Rodrigues refere no seu dicionário que “[...] toda a obra que serve de comemorar ou conservar a lembrança dos homens ilustres, ou dos grandes acontecimentos em que entram, principalmente, as obras de architectura e escultura, [...]”<sup>1</sup>.

Para além do aspecto comemorativo, uma característica importante do monumento é o seu carácter público. A presença do monumento nas ruas, ou nas praças, dá uma maior visibilidade e, conseqüentemente, uma leitura mais eficaz e generalizada da mensagem a transmitir<sup>2</sup>.

Com as estátuas equestres, novos desafios técnicos se apresentam. Não é uma temática nova, mas dada a ausência de conhecimento e de pessoas especializadas na área da fundição, esta tipologia tornou-se um grande desafio tecnológico.

### 4.1 - Estatuária equestre

Um monumento, ao destacar-se no espaço público, irá projectar uma imagem para toda a sociedade, que marcará a memória colectiva. O poder político é um dos principais intervenientes neste processo, promovendo as encomendas e utilizando a forma para fins ideológicos. A escultura monumental desempenha um papel relevante na afirmação de uma cidade, enquanto lugar representativo e simbólico de novos

---

<sup>1</sup> RODRIGUES, Assis - *Monumento*. In **Diccionario Technico e Historico de Pintura, Esculptura, Architectura e Gravura**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1875, p. 264.

<sup>2</sup> DUARTE, Eduardo - *Monumento*. In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005, p. 401.

contextos políticos<sup>3</sup>.

Um aspecto comum à grande maioria dos monumentos é o seu carácter figurativo, visto que a sua essência natural é a glorificação da heroicidade humana. Possuem um carácter educativo e são extremamente simbólicos, criando um plano de interpretações que só se torna acessível para aqueles que procederem à sua descodificação.

A tipologia de escultura monumental, muito apreciada pelos artistas, assim como pelo poder político, foi o monumento equestre, que ressurgiu no Renascimento no decorrer do encantamento cultural exercido pela Antiguidade Clássica. A Itália do século XV foi marcada por inúmeras estátuas equestres, tendo sido uma temática muito abordada pelos pintores e desenhadores, mas, principalmente, pelos escultores. A representação, em tamanho real, do cavalo foi uma matéria que fascinou grandemente os escultores da época.

Em épocas anteriores, foram realizadas algumas estátuas equestres, porém, eram em pequeno número pois tinham que ser incorporadas na arquitectura, limitando o seu tamanho e o material em que eram construídas. Materiais como o cimento, o estuque e a madeira, com uma vida útil relativamente reduzida, eram utilizados para a imortalização e glorificação de governantes e pessoas ilustres, sendo exemplo disso a estátua de *Paolo Savelli em Frari*, Veneza, de 1405, realizada em madeira (**Fig. 61**).

Entre 1446 e 1450, Donatello (1386-1466) realiza a estátua equestre de *Condottiere Gattamelata* (**Fig. 62**), datada de 1451, considerada o primeiro monumento público do género a surgir neste período<sup>4</sup>. Só mais tarde foi realizada uma outra estátua equestre, a de *Condottiere Bartolommeo Colleoni*, entre 1482-1488, realizada por Andrea del Verrochio (1435-1488), em Veneza. Estas obras, assim como os desenhos de Leonardo da Vinci (1452-1519) do monumento para Giangiacomo Trivulzio (1508-1511), foram fortemente influenciadas pela estátua equestre de *Marco Aurélio*<sup>5</sup> (166-180 a. C.) (**Fig. 63**), que foi bastante reproduzida em desenhos, pinturas e em pequenas reproduções feitas em bronze.

---

<sup>3</sup> MATOS, Lúcia Almeida - **Escultura em Portugal no século XX (1910-1969)**. [Lisboa] : Fundação Calouste Gulbenkian, 2007, p. 51.

<sup>4</sup> DUBY, Georges ; DAVAL, Jean-Luc (Editores) - **SCULPTURE - From the Renaissance to the Present Day**. Hong Kong : Taschen, 2006, Vol. 2, p. 596.

<sup>5</sup> LENAGHAN, Julia - *Equestrian Statue of Marcus Aurelius*. In **The Encyclopedia of Sculpture**. Ed. Antonia Böstrom. New York / London : Fitzroy Dearborn, 2004, vol. 1, p. 524.

Só agora é que aqueles que, por determinados motivos, realizaram grandes feitos, deixam de ter uma condição mortal e passam à eternidade pelo uso do bronze. Este material, pela sua durabilidade possui características imortais, tão desejada na perpetuação da glória.

O custo excessivo e a inabilidade para a fundição podem ter sido os factores que levaram ao grande adiamento, durante um hiato temporal tão prolongado, da tecnologia da fundição. O mármore foi, durante muito tempo, o material preferido pelos escultores pela magnificência do seu custo e brilho; pelo carácter eterno dado pela dureza; pela beleza gerada pela sua brancura; e pelo modo de trabalhar. Porém, o bloco de mármore é bastante maciço e pesado, ao contrário do bronze, que é substancialmente mais leve, permitindo um maior tipo de artifícios em torno de uma escultura. A plasticidade do metal permite composições mais complexas, do que as executadas em pedra, tornando possível obras mais elaboradas compositivamente e de maiores dimensões<sup>6</sup>.

O desenvolvimento técnico, conseguido em grande medida pela reprodução maciça de estatuetas, permite a realização de trabalhos à escala humana. O virtuosismo técnico recuperado da Antiguidade permite a realização de inúmeras obras de grande dimensão.

O grande problema que um escultor tem de ter em conta na execução de qualquer estátua equestre é a resistência que as pernas do animal têm de ter para aguentar todo o peso do cavalo e do cavaleiro. A fragilidade da pedra impossibilita a realização deste género de escultura neste material. Existem poucos exemplos de estátuas equestres executadas em pedra, porém, a estátua de *Cangrande I Della Scala* (**Fig. 64**), de 1329, e a estátua de *Cansignorio Della Scala* (**Fig. 65**), de 1277<sup>7</sup>, são bons exemplos da estatuária deste género feita em pedra. Todavia, para que estas tenham sido possíveis de executar foram necessários alguns artifícios, de forma a que tivessem força suficiente, evitando o colapso. Na primeira, as quatro patas do animal estão directamente ligadas à base, sendo fortemente reforçadas com um panejamento que cobre praticamente todo o cavalo. Na segunda, as patas não possuem reforço, mas sim uma pequena coluna que suporta a barriga do animal e estabiliza toda a escultura.

---

<sup>6</sup> BAUDRY, Marie-Thérèse – *Sculpture - Méthode et Vocabulaire*. 6<sup>o</sup> Ed., Paris : Imprimerie National, 2005, p. 240.

<sup>7</sup> AVERY, Charles - *Equestrian monument* . In *The Dictionary of Art*. Ed. Jane Turner. New York : Grove; London : Macmillan Publishers, 1996, vol. 10, p. 440.

Outra possibilidade de contornar a fragilidade da pedra é realizar as peças em madeira. É um material mais resistente, contudo, tem de ficar confinado a interiores e, conseqüentemente, a escalas mais reduzidas.

Para uma perfeita glorificação e imortalização em praça pública, nem a madeira nem a pedra são materiais ideais. Os artistas tiveram que retomar o bronze, material utilizado pelos antepassados e recomendado pela sua capacidade de resistência, permitindo suportar o peso exercido pelo cavalo e pelo cavaleiro. Para além da resistência do próprio material, o processo de modelação e fundição permite a introdução de uma estrutura interna<sup>8</sup> em ferro, que dará ainda mais resistência a todo o conjunto e permitirá que seja devidamente fixo a uma base sem o risco de colapso.

O bronze coloca uma série de problemas relativamente diferentes daqueles que dizem respeito à pedra. Na escultura em bronze não se pensa em termos de bloco, mas sim em modelos preparatórios e de fundição. Neste sentido, as obras de bronze têm tido maior liberdade que as de pedra, apesar de também apresentarem problemas delicados.

Ao falarmos em fundição será incontornável falar em Benvenuto Cellini (1500-1571). Este considerava o trabalho em pedra mais fácil do que o trabalho em bronze, pois quando aceitou a encomenda de *Perseus* (1545-54) (**Fig. 66**), a tradição de trabalhos em bronze do *Quattrocento* florentino tinha perdido a sua continuidade<sup>9</sup>.

Na Grécia e Roma havia uma grande tradição de fundição em bronze, e a técnica sobreviveu até à fase inicial da Idade Média. Todavia, quando Andrea Pisano (1290-1348) foi encarregue, em 1329, de realizar a porta para o Batistério de Florença, não existia ninguém que tivesse as competências necessárias, tendo sido convidado um fundidor de sinos de Veneza. Ghiberti (1378-1455) formou uma escola de bronzistas em Florença, onde se realizaram diversos trabalhos e onde o próprio Donatello aprendeu a técnica do bronze<sup>10</sup>. Donatello teve um papel preponderante na divulgação do bronze na época, passando os seus conhecimentos a Verrocchio e Pallaiuolo (1432-1498). Porém, nenhum artista manteve a tradição e Cellini teve de

---

<sup>8</sup> AVERY, Charles – op. cit., p. 440.

<sup>9</sup> WITTKOWER, Rudolf - **Escultura**. Trad. de Jefferson Luiz Camargo. 2.ª Ed. São Paulo : Martins Fontes, 2001, p. 167.

<sup>10</sup> Ibid., p. 168.

realizar a sua escultura partindo do zero.

Cellini, na sua autobiografia, relata a realização de *Perseus*, onde expõe as suas dificuldades. *Perseus* foi o primeiro grande trabalho que realizou em Itália. Talvez por esse motivo, não quis correr riscos desnecessários, colocando um grande número de respiradores e de canais de alimentação. Estes últimos estavam ligados a um canal principal, que passava pelas costas da figura, percorrendo todo o seu corpo, sendo este trabalho realizado, quase exclusivamente, por Cellini<sup>11</sup>. Conta que, após a realização do modelo em cera, este foi coberto com argila, preparada previamente. Após a sua aplicação, foi cuidadosamente armada, com suportes de ferro para estruturar todo o molde, dando início à extracção da cera através de um fogo lento e controlado. Quando toda a cera foi retirada, Cellini construiu um forno em forma de funil à volta do molde. O forno foi construído com tijolos empilhados, com algumas aberturas para que as labaredas pudessem escapar com maior facilidade. O fogo foi alimentado com pedaços de madeira e mantido durante dois dias e duas noites<sup>12</sup>. Quando o molde ficou totalmente cozido, o escultor escavou um poço para poder enterrá-lo. Este foi cuidadosamente içado com a ajuda de polias e cordas, e colocado na respectiva cova. O molde foi todo envolvido com areia, deixando apenas as saídas dos canais de respiração e a entrada da boca de enchimento.

Seguidamente, direccionou toda a sua atenção para a fusão do metal, adicionando grandes quantidades de cobre e restos de bronze. O metal era empilhado, segundo as regras da altura, e as chamas passavam pelo meio, aquecendo-o mais depressa e permitindo a sua fusão<sup>13</sup>. Depois do metal fundido, este foi introduzido no molde e percorreu todos os canais sem qualquer dificuldade<sup>14</sup>, provando que o seu sistema de ventilação e alimentação tinham funcionado na perfeição.

Cellini trabalhou com uma grande equipa, incluindo fundidores, artífices, trabalhadores comuns e os seus colaboradores de sempre. Pela inovação da técnica levada a cabo por Cellini, todo o processo fundição foi repleto de incidentes. No entanto, o enchimento foi realizado sem problemas de maior, apesar do espanto de

---

<sup>11</sup> CELLINI, Benvenuto - **The Treastises of Benvenuto Cellini on Goldsmithing and Sculpture**. Trad. C. R. Ashbee. [S.L.] : Kessinger Publishing, 2006, p. 122.

<sup>12</sup> CELLINI, Benvenuto - **The Autobiography of Benvenuto Cellini**. Trad. George Bull. London : Penguin Classics, 1998, p. 346.

<sup>13</sup> Ibid., p. 347.

<sup>14</sup> CELLINI, Benvenuto - **The Treastises of Benvenuto Cellini on Goldsmithing and Sculpture**, p.124.

muitos. Depois do metal vazado, este foi deixado a arrefecer durante dois dias e, posteriormente, de modo bastante lento, iniciou-se a remoção da peça do interior do molde. Toda a escultura ficou perfeita, há excepção do pé direito, onde o metal não chegou aos respectivos dedos, como tinha sido previsto durante a preparação de todo o processo<sup>15</sup>.

Cellini abriu novos caminhos na tradição do trabalho em bronze, tanto a um nível teórico como a um nível prático, deixando novos rumos na fundição em Florença que permaneceram vivos, tornando a cidade num grande centro de produção de bronzes nos 150 anos seguintes.

Nos finais do século XVII<sup>16</sup>, deu-se um aumento crescente do número de estátuas equestres, cuja principal função era glorificar os reis em praças reais, desenhadas para o efeito. Era um género de escultura imponente e de expressão suprema, onde se glorificava a monarquia e o ideal monarca. Esta tipologia de escultura foi sofrendo mutações com o decorrer do tempo. No início os monarcas mostravam domínio perante os seus vassallos e soldados inimigos. Mais tarde, essa supremacia foi substituída pelo virtuosismo e sagacidade da governança em tempos de paz. A guerra foi substituída pela razão.

Do ponto de vista técnico, a estatuária equestre é o género mais desafiante dentro da escultura. “Se toda a obra de arte exige uma preocupação grande e sensibilidade e estudo em grau elevado, muito mais o exige uma estátua equestre [...]”<sup>17</sup>, referiu Leopoldo de Almeida.

Para efeito de maior dinâmica e movimento, de modo a mostrar a grande altivez e superioridade, era conveniente que o cavalo tivesse uma pata no ar, simulando uma movimentação, tradição seguida da Antiguidade Clássica, como se verifica na estátua de *Marco Aurélio* que se encontra em Roma. Esta escolha formal confere maior dificuldade na estabilização do conjunto, pois imprime mais força nas restantes patas do animal.

Quando é realizada uma estátua equestre, há que ter em mente que esta é

---

<sup>15</sup> CELLINI, Benvenuto - **The Autobiography of Benvenuto Cellini**, p. 347.

<sup>16</sup> DUBY, Georges; DAVAL, Jean-Luc (Editores) – op. cit., p. 834.

<sup>17</sup> CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA - **O Atelier de Leopoldo de Almeida**. Lisboa : Câmara Municipal de Lisboa, 1998, p. 11.

erguida ao homem, sendo o cavalo um elemento essencialmente decorativo, apesar da sua grande importância no enaltecimento do cavaleiro. Levado a um extremo, poder-se-á considerar o cavalo como um segundo pedestal erguido sobre o primeiro<sup>18</sup>. Porém, não se pode esquecer que o cavalo e o cavaleiro formam um todo, que deve ser equilibrado e harmonioso.

Segundo João da Silva<sup>19</sup> existem algumas regras que não devem ser esquecidas na execução de uma estátua deste género: a escala da figura humana deve ser aumentada relativamente à do cavalo; entre o cavaleiro e o cavalo deve existir uma espessura do selim que pode ser 5 a 10 vezes superior ao normal, dependendo da altura da estátua e das dimensões do local, para que o cavaleiro não pareça enterrado no animal; é no selim que se faz o cruzamento da linha horizontal, gerada pelo cavalo, com a linha vertical, gerada pelo homem (este cruzamento irá criar equilíbrio e harmonia conseguidos pelos princípios geométricos); as proporções dos dois elementos, homem e cavalo, devem estar dentro de uma harmonia ideal estabelecida pela “secção de ouro” (**Fig. 67**).

Em Portugal, o surgimento de estátuas equestres é relativamente tardio comparativamente ao panorama italiano. A tipologia equestre foi retomada no período Renascentista, época em que Portugal tinha os olhos postos no mar. No entanto, a inexistência de pessoas ou infra-estruturas capazes de criar estátuas equestres de qualidade, quer em pedra, quer, sobretudo, em metal, foi o grande entrave, transversal a toda a Europa, que impossibilitou a realização deste tipo de monumento<sup>20</sup>.

Apesar das técnicas de fundição serem bem conhecidas em Portugal devido a uma desenvolvida indústria de guerra, produtora de artilharia para as naus e fortalezas do Império, os métodos de fundição de estatuária são relativamente diferentes da fundição de canhões. Por esse motivo, a primeira estátua equestre é a de *D. José I*, realizada por Machado de Castro (1772-1775) (**Fig. 68**), foi durante algum tempo a única com esta temática no domínio da estatuária pública. Somente no século seguinte foi erigida uma nova estátua equestre, consagrando D. Pedro IV (**Fig. 69**). Esta foi

---

<sup>18</sup> SILVA, João da – **O «Cânon» das Estatuas Equestres**. Lisboa : Ed. Seara Nova, 1941, p. 21.

<sup>19</sup> *Ibid.*, pp. 22 - 25.

<sup>20</sup> SAIAL, Joaquim - **Estatuária Portuguesa dos Anos 30 (1926 - 1940)**. [Lisboa] : Bertrand Editorial, 1991, p. 162.

mandada construir pela Câmara Municipal do Porto, em 1862<sup>21</sup>, ao escultor francês Anatole Calmels (1822-1906) e fundida na Bélgica. É um monumento com 10 metros de altura, feito em bronze, com cinco toneladas de peso. Contrariamente à estátua de D. José I, as motivações ideológicas que levaram à construção da estátua de D. Pedro IV prendiam-se a ideais românticos que se fixavam sobretudo na iconografia.

A estátua de D. Pedro IV, a par com a estátua de D. Pedro V, na Praça da Batalha, inaugurada no mesmo ano, dão início aos monumentos públicos portuenses.

Antes das estátuas de *D. José I* e de *D. Pedro IV*, apenas se conhecem vagas alusões a grupos equestres, ou apenas a cavalos, como a que existiu no tempo do rei D. Fernando, em Lisboa, na fonte virada à Porta da Cruz, conhecida pela Fonte dos Cavalos de Arame. Outro exemplo é o Pórtico de Fama (1771), na zona do Jardim de Neptuno do Palácio de Queluz, executado por Manuel Alves e Silvestre de Faria Lobo (1725-1786).

Apenas no século XX, em pleno Estado Novo, a propósito da comemoração dos Centenários e da Exposição do Mundo Português, é que se volta a erguer uma estátua equestre, agora em contexto político diferente. Em 1940 são inauguradas duas peças<sup>22</sup>. A primeira foi construída para Macau, homenageando o governador *Ferreira do Amaral* (**Fig. 70**). Esta foi entregue ao escultor Maximiano Alves (1888-1954), em colaboração com o arquitecto Carlos Rebelo de Andrade (1887-1971), que desenhou o pedestal. Um dos aspectos inovadores desta escultura é a atitude do cavaleiro e do cavalo. Nunca, em Portugal, um conjunto equestre tinha sido representado em levada, isto é, posição em que o cavalo apenas está apoiado nas patas traseiras, tendo as patas dianteiras alçadas. Tanto o cavalo de D. José I, como o de D. Pedro IV, apenas tinham uma das patas dianteiras levantada, mas sempre em representação de um acto normal de deslocação.

Esta posição é bastante difícil de executar, principalmente por questões relativas ao peso e equilíbrio. Falconet (1716-1791) já havia resolvido uma situação semelhante, com a estátua de *Pedro o Grande* em 1782, enchendo a cauda do cavalo com metal e ligando-a a uma serpente, fixa à pedra da base, sendo utilizada como contra peso.

---

<sup>21</sup> PEREIRA, José Fernandes – *Estátuas Equestres*. In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005. p. 280.

<sup>22</sup> *Ibid.*, p. 281.

Porém, Maximiano Alves opta por uma solução diferente, assentando o ventre do cavalo sobre um tufo de verdura, que esconde grande parte das patas traseiras, reforçando-as e criando uma base capaz de suportar todo o peso do conjunto.

Carlos Rebelo de Andrade não se limita a desenhar um suporte para a escultura, mas cria uma estrutura onde se aplica um novo conceito de apropriação do espaço circundante<sup>23</sup>. O arquitecto liberta o pedestal de grades, para além de o colocar sobre um pequeno oteiro relvado, sem qualquer obstáculo, permitindo a sua utilização. A peça está inserida numa zona ajardinada, próxima do mar, fazendo do espaço um lugar convidativo para a população. Actualmente a peça pode ser visitada em Lisboa, no bairro da Encarnação.

A segunda peça foi feita para Lourenço Marques, para laurear *Mouzinho de Albuquerque* (**Fig. 71, 72**), e ficou a cargo de Simões de Almeida (sobrinho) (1880-1950), sendo António do Couto (1874-1946) responsável pela realização do pedestal. Na altura foram feitas algumas críticas, como pouca originalidade, estaticidade e pouco monumental. O pedestal não esteve isento de julgamentos, sendo acusado de semelhanças estruturais com o pedestal de D. Pedro IV, no Porto, que igualmente continha baixos-relevos alusivos aos feitos do homenageado. São dois baixos-relevos, um da autoria de Simões de Almeida (sobrinho), que retrata a *Carga de Macontene*, e outro da autoria de Leopoldo de Almeida (1898-1975), que representa um episódio da *prisão de Gungunhana*.

O monumento foi iniciado a 28 de Dezembro de 1936, tendo sido inaugurado apenas quatro anos mais tarde, no dia 29 de Dezembro, com um custo estimado de 1000 contos<sup>24</sup>. Actualmente, a peça encontra-se desmantelada devido ao processo de independência de Moçambique.

Também em 1940, Francisco Franco (1885-1955) realiza a estátua equestre de D. João IV (**Fig. 73**) para Vila Viçosa, em conjunto com o arquitecto Porfirio Pardal Monteiro (1897-1957) que elaborou o projecto do pedestal. A 24 de Dezembro de 1940, no recinto da Exposição do Mundo Português, foi apresentado, durante três dias, o modelo em gesso patinado, realizado pelo escultor. A escultura só foi

---

<sup>23</sup> SAIAL, Joaquim - op. cit., p. 170.

<sup>24</sup> Ibid., p. 163.

inaugurada a 8 de Dezembro de 1943<sup>25</sup>, três anos depois da data prevista.

A estátua é feita com sobriedade e sem exageros. Na mão direita ostenta um bastão, símbolo do poder, sendo o único elemento representativo do poder real. Ao invés da coroa, possui um chapéu de abas largas com plumagem, que contrabalança o volume da cabeça do cavalo. É uma estátua com 6 metros de altura, não tendo sido fundida a um só jacto, mas sim em sete partes distintas, que, posteriormente, foram soldadas no próprio local. O pedestal é bastante sóbrio, não havendo qualquer choque entre este e os elementos arquitectónicos envolventes.

Alguns conjuntos equestres, ou apenas representações de cavalos, também são feitos em pedra, dos quais se destacam dois grupos decorativos realizados por António Duarte (1912 - 1998), *Cavalos Marinhos* (**Fig. 74**), realizados em 1940, para a Praça do Império junto aos Jerónimos, e a estátua equestre representando o *Tejo* (**Fig. 75**), de Diogo Macedo (1889 - 1959), realizada para a *Fonte Monumental da Alameda D. Afonso Henriques*, entre 1950 - 1959. É um conjunto formado por figuras híbridas, meio cavalo, meio peixe, onde este se encontra em posição de levada, tendo sido utilizado o mesmo artifício que Maximiano Alves utilizara no seu monumento a Ferreira do Amaral.

Com o Estado Novo, outros escultores se seguiram a Francisco Franco, como Leopoldo de Almeida, que realizou a estátua de *Nuno Álvares Pereira* (1961-1968) para a Batalha, e de *D. João I* (1970) para a Praça da Figueira em Lisboa, assim como Salvador Barata Feyo (1899-1990), que executou a estátua de *D. João IV* (1966) e de *Vímara Peres* (1968) para o Porto.

## 4.2 - Estátua Equestre de D. José I

As estátuas equestres foram muito importantes e apreciadas em Roma, por influência directa da Grécia. Estas tinham como principal função representar, publicamente, o triunfo do homenageado, assim como o do escultor. No

---

<sup>25</sup> SAIAL, Joaquim - op. cit., p. 172.

Renascimento, com o encanto pela Antiguidade Clássica, dá-se o ressurgimento do monumento equestre.

Em Portugal o surgimento das estátuas equestres é mais tardio. O atraso na implantação de esculturas de rua deve-se, sobretudo, à desvalorização qualitativa deste tipo de obras, situação que só se alterou nos últimos dois séculos<sup>26</sup>. A preferência é dada às figuras religiosas, de grandes virtudes, implantadas em igrejas. Nem mesmo Francisco de Holanda, que viajou por Itália, incluiu qualquer estátua equestre no seu projecto de renovação urbanística para Lisboa, que ofereceu a D. Sebastião em 1571<sup>27</sup>.

Portugal foi, durante muito tempo, exíguo em escultura pública. Foi apenas no século XVIII, no seguimento da reconstrução da baixa lisboeta, que em Portugal se realizou a primeira estátua equestre, um dos seus primeiros monumentos de rua. A estátua equestre de *D. José I* é a primeira obra do género, projectada pelo arquitecto Civil e Militar Capitão Eugénio dos Santos (1711-1760), com influências e referências claras a um monumento a Luís XIV<sup>28</sup>.

A 31 de Julho de 1750, D. José I sobe ao trono de Portugal. Seu pai, D. João V, tinha levado a cabo um claro movimento de renovação cultural e social no século XVIII. Quando assumiu o reinado, D. José I não foi indiferente a todas essas mudanças, às quais se quis igualar e até superar.

A 1 de Novembro de 1755, grande parte da cidade de Lisboa ficou destruída com o terramoto. O Marquês de Pombal (1699-1782) estava empenhado em immortalizar na memória do seu povo, a glória da nação, e desejou que, na Praça do Comércio, fosse erigido um monumento com esse fim. Foi elaborado um projecto de reconstrução, pelo Arquitecto Civil e Militar Capitão Eugénio dos Santos, sendo-lhe indicado que no centro da praça deveria ser erguida uma estátua, e que esta se passaria a chamar Praça do Comércio, nome que até hoje mantém. A construção da estátua equestre de *D. José I* esteve, naturalmente, impregnada da necessidade de afirmação cultural por parte do poder real.

O Marquês de Pombal consagra a memória gloriosa do rei e do reino, mas não

---

<sup>26</sup> PEREIRA, José Fernandes – *Estátuas Equestres*. In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005, p. 279.

<sup>27</sup> Ibid.

<sup>28</sup> RIBEIRO, Luciano – **Machado de Castro e a Estátua Equestre**. Lisboa : Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa, 1939, p. 8.

se esquece de perpetuar a sua, colocando numa das faces do pedestal do monumento, a que está virada para o rio, um medalhão em bronze com uma moldura trabalhada em pedra de forma oval e coroada pelas armas reais, representando em baixo relevo o busto de Sebastião José de Carvalho e Melo - Marquês de Pombal, idealizado e modelado pelo escultor Machado de Castro.

Com a morte de D. José I, o governo de D. Maria I, receando os desacatos levados a cabo pela população descontente com o Marquês de Pombal, manda retirar o medalhão em bronze antes da cerimónia de coroação da rainha. Em seu lugar, foram colocadas as armas da cidade: um navio com as velas enfunadas e um corvo à popa e outro à proa. O Imperador D. Pedro, pouco depois da sua entrada em Lisboa, ordenou por decreto de 10 de Outubro de 1833, que se repusesse o medalhão no seu local inicial <sup>29</sup>.

O Marquês de Pombal, que privilegiava a arquitectura em detrimento de todas as outras artes, remete-as para um estatuto sem dignidade. Por isso, os desenhos de Eugénio dos Santos foram copiados e entregues a um militar italiano, para que executasse o modelo da estátua equestre. No entanto, o seu fraco desempenho obrigou a que encarregasse outro profissional de tal tarefa.

A 19 de Outubro de 1750, Domingos da Silva Raposo, Ajudante da Arquitectura da Casa do Risco das Obras Públicas, escreve a Joaquim Machado de Castro (**Fig. 76**), para o convidar a participar no concurso para a Estátua Real. Este encontrava-se a trabalhar em Mafra e vai até Lisboa, onde recebe os desenhos de Reinaldo Manuel dos Santos (1731-1791).

Quando Machado de Castro recebe os desenhos do projecto de Eugénio dos Santos (**Fig. 77**), já este tinha falecido<sup>30</sup>. O escultor manifesta que o projecto do arquitecto não possui o equilíbrio artístico necessário para representar dignamente tão ilustre personalidade e acaba por tornar pública a sua opinião:

“O mesmo Arquitecto nos deixou o desenho da Estatua, e do seu pedestal, com os dous Grupos de figuras, que adornão; e creio, que o seu intento neste desenho seria não querer mostrar o risco da Praça,

---

<sup>29</sup> PEREIRA, Ângelo - *A Inauguração da Estátua Equestre de El-Rei D. José I*. Lisboa : Editorial Labor, 1938, p. 4.

<sup>30</sup> RIBEIRO, Luciano – op. cit., p. 6.

sem o seu objecto principal: e por isso fez (ou mandou fazer) o debuxo, que o indicasse; pois não posso capacitar-me de que tivesse a idéa de obrigar-nos a seguir na execução da Estatua o seu desenho; que isso seria mostrar aos Professores huma audacia insoffrivel, e a todo mundo uma ignorancia crassa: o que se não deve suppôr de hum homem de conhecida probidade, e instrucção, como, segundo me consta, fôra o mencionado Architecto Eugénio dos Santos.”<sup>31</sup>

O modelo proposto por Eugénio dos Santos insere-se numa tradição francesa de origem antiga e renascentista, seguida em toda a europa no século XVIII. Machado de Castro denuncia a cópia que o architecto fez dos projectos de Perrault (1613-1688) para o monumento de Luís XIV, e de Charles Le Brun (1619-1690) para o arco do triunfo, que glorifica o mesmo monarca<sup>32</sup>.

Entre Luís XIV e Luís XV a simbologia que envolvia toda a representação monárquica nas praças reais sofrera alterações. A imagem do rei conquistador era substituída por uma mensagem de um rei pacificador e protector do progresso e do bem estar do seu povo. Quando Machado de Castro foi encarregue da execução da estátua de D. José I, já alimentava essa ideologia pós Luís XV, sendo notório no monumento de D. Maria I, projecto da sua total autoria<sup>33</sup>.

Contudo, e com estranheza, o artista não é autorizado a alterar a estrutura do monumento. A sua composição geral seria impensável para Portugal, onde, até à data, se havia erigido apenas um monumento de rua [*Obelisco Aquático (Fig. 78)*, de Caetano Tomás de Sousa, em 1745, que se encontra no Largo das Necessidades]<sup>34</sup>.

A conjugação entre arquitectura rematada por uma estátua equestre era um modelo que o escultor não louvava<sup>35</sup>. Machado de Castro continuou as tentativas de fazer algumas alterações ao projecto inicial, o que lhe foi quase sempre negado.

---

<sup>31</sup> CASTRO, Machado de – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I.** Lisboa : Academia Nacional de Belas Artes, 1975, p. 2.

<sup>32</sup> FRANÇA, José-Augusto - **A Reconstrução de Lisboa e a Arquitectura Pombalina.** Lisboa : Biblioteca Breve, 1989, p. 86.

<sup>33</sup> FARIA, Miguel Figueira - **Machado de Castro (1731 - 1822) - Estudos.** Lisboa : Livros Horizontes, 2008, p. 106.

<sup>34</sup> CARVALHO, Anabela (Dir.) - **Estatuária e Escultura de Lisboa.** Lisboa : Câmara Municipal de Lisboa, 2005, p. 52.

<sup>35</sup> PEREIRA, José Fernandes - *As Leituras de Machado de Castro, Textos Fundamentais.* In **Arte Teoria.** Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa, Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, N°9 (2007), p. 17.

Apenas lhe foi permitido retirar o leão por baixo do cavalo, que vinha do desenho de Le Brun<sup>36</sup>, e fazer alguns ajustes no panejamento do rei.

É peremptória uma divergência entre o projecto de Eugénio dos Santos e a ideia do escultor, notando-se a posição deste último ao tentar mudar as vestes de ferro e retirar o capacete, tentando justificar a sua posição “[...] fallando varias vezes neste(s) ponto(s), e indicando com muita submissão, e humildade quanto isto era repugnante ao bom gosto da Arte [...]”<sup>37</sup>.

Apesar da falta de autonomia que era dada a Machado de Castro, este aceitou realizar um estudo preparatório que foi presente a D. José I, dando início ao seu trabalho ao executar o seu primeiro modelo pequeno, em cera, nos finais de 1770<sup>38</sup>. Era intenção do escultor alterar o herói e representá-lo à maneira romana, de peito descoberto, e substituir o capacete por uma coroa de louros, pois, segundo o escultor, faria diminuir a cabeça. Entendia ser este o melhor modo de representação das estátuas, pois permitia a apresentação dos contornos do corpo, tornando o resultado mais belo e elegante.

A 21 de Março de 1771, Machado de Castro e um estrangeiro, que também disputa o respectivo encargo, vão ao Paço Real mostrar os seus trabalhos ao monarca. O estrangeiro apresenta dois projectos, um que copia fielmente os desenhos e outro com o cavalo a galope. D. José I prefere as obras que Machado de Castro apresenta, sendo aprovado com expressões de muito louvor.

No conjunto da estátua equestre de D. José I predomina e prevalece a figura do rei, exaltada pela expressão de alta dignidade do seu rosto, finalizada pelas plumas do capacete.

A atenção do espectador prende-se no gesto delicado com que o monarca pega no ceptro, símbolo do poder que recebeu e que pretende transmitir intacto e de preferência aumentado. Não é a figura de um herói militar que afirma a sua força,

---

<sup>36</sup> FRANÇA, José-Augusto – op. cit., p. 86.

<sup>37</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 25.

<sup>38</sup> PEREIRA, José Fernandes – *D. José I, Estatua Equestre de*. In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005, p. 182.

empunhando um bastão, mas sim um chefe de um poder herdado que avança em atitude solene, de triunfo e de autoridade<sup>39</sup>.

A modelação fica então a cargo do escultor Machado de Castro, cabendo a Bartolomeu da Costa (1731-1801) o processo de fundição, levado a cabo na casa da fundição da artilharia, onde “viu Portugal, pela primeira vez, fundir-se de um só jacto uma estátua eqüestre.”<sup>40</sup>, a 15 de Outubro de 1774.

O Tenente-General Bartolomeu da Costa teve uma vida bastante preenchida e marcada por uma forte personalidade, onde se destacou como militar, inventor e artilheiro fundidor. É-lhe atribuída a construção de três fornos para fundição de canhões, o que levou a uma profunda reestruturação das oficinas, assim como à formação dos operários<sup>41</sup>.

Para conseguir uma boa modelação do cavalo, Machado de Castro realizou vários estudos<sup>42</sup> com animais cedidos pelo Marquês Estribeiro-mor<sup>43</sup>, e para a realização da figura humana vestida com a armadura de ferro, foram-lhe postos à disposição vários modelos de vestes onde se lhe “[...] aumentou o desgosto, não achando em nenhum deles o musculado [...]”<sup>44</sup>.

Após a realização de muitos estudos relativos à anatomia do equídeo, é escolhida a posição do animal, em que é representado, não a passo, mas a *piaffer*<sup>45</sup>, isto é, em movimento, mas sem avanço no terreno. Esta foi considerada a posição que dava a todo o conjunto uma maior dignidade e coragem, para além da resolução de alguns problemas de ordem técnica.

Apesar da sua insistência para que o rei posasse, para que pudesse fazer o retrato o mais semelhante possível, este pedido foi-lhe negado, tendo como único recurso o perfil expresso na moeda e em algumas estampas<sup>46</sup>.

---

<sup>39</sup> SILVA, João da – op. cit., p.13-14.

<sup>40</sup> RIBEIRO, Luciano – op. cit., p. 9.

<sup>41</sup> MELLO, José Brandão Pereira de – **O Tenente-General Bartolomeu da Costa - Artilheiro ilustre e Engenheiro- Fundidor da Estátua Eqüestre**. Lisboa : Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa, 1939. p. 10.

<sup>42</sup> Ver CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA - **Estudos de Machado de Castro para a Estátua Equestre de D. José I**. 2º Edição. Lisboa : Imprensa Municipal de Lisboa, 1975.

<sup>43</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 39.

<sup>44</sup> Ibid., p. 65.

<sup>45</sup> PEREIRA, José Fernandes – *D. José I, Estatua Equestre de*. In **Dicionário de Escultura**, p. 182.

<sup>46</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 69.

Em Junho de 1771, Machado de Castro termina o modelo pequeno em barro (**Fig. 79**), que é apresentado e aprovado por D. José I e entregue ao moldador, para lhe tirar a forma em gesso. Após a construção das formas, foram realizados vários exemplares que foram divididos em partes, previamente delineadas, para que fosse possível estudar a construção da armação interna (**Fig. 80**), sobre a qual iria ser aplicado o estuque para a execução do modelo final<sup>47</sup>. Quando o esqueleto ficou finalizado, o estuque foi sendo cuidadosamente colocado sobre o ferro, pelos operários, sempre com a supervisão de Machado de Castro. Cada operário estava limitado a uma zona da peça, tendo a parte do modelo pequeno em gesso correspondente, para que se pudesse guiar, proporcionando assim uma boa realização da obra.

Para a execução da peça em estuque, o escultor dispôs de uma casa de madeira no recinto das oficinas de fundição, para servir de laboratório. Esta tinha como objectivo proporcionar um espaço exclusivo para a criação da estátua, dando assim melhores condições e uma maior comodidade para a sua execução. Para isso, foi pedido que apenas o tecto fosse fixo, de modo a que as paredes pudessem ser móveis, possibilitando o estudo dos diferentes tipos de iluminação, fundamental na escultura, e para que o autor se pudesse distanciar da escultura, para a poder observar de longe.

O modelo grande em estuque foi realizado em menos de cinco meses, tendo início a 16 de Outubro de 1771 e sendo finalizado a 10 de Março de 1772<sup>48</sup>. Seguidamente, foi entregue à responsabilidade de Bartolomeu da Costa, para que se ocupasse da fundição, sendo a sua primeira tarefa a realização dos moldes para a execução do modelo em cera, que irá dar lugar ao bronze.

A peça em cera foi feita separadamente nas várias partes do molde, criando assim vários elementos, que foram posteriormente unidos. Para que a escultura não ficasse maciça, as diferentes partes da cera foram cheias com material e estruturadas com armações de ferro, para suportar o peso, algumas das quais ficaram no bronze para lhe servir de sustentação. À medida que este processo foi sendo realizado, as diferentes partes dos moldes com as ceras foram sendo novamente armadas, criando o todo.

---

<sup>47</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 111.

<sup>48</sup> *Ibid.*, p. 130.

Quando tudo ficou concluído, com o respectivo núcleo e estrutura de ferro, as formas foram retiradas e Machado de Castro procedeu às respectivas rectificações. Seguidamente, foram colocados os canais de alimentação e respiração, pondo “[...] na mesma figura muitas hastes da mesma cera; que fazem parecer a Imagem collocada no centro de huma arvore cheia de ramos seccos, sem folhas; cujas hastes tem diversos nomes, e officios [...]”<sup>49</sup>. Após a colocação dos canais, foi feito um novo molde, realizado com a mistura de vários barros e de outros componentes, que os franceses chamam de *Potêa*<sup>50</sup>. Esta mistura foi aplicada em estado líquido sobre a cera, com a ajuda de pincéis, até atingir uma espessura desejada. O molde foi cozido ao fogo, derretendo a cera, que saiu pelos orifícios deixados para esse fim, sendo estes tapados logo de seguida.

A intenção do Tenente-General da Artilharia do Arsenal Real do Exército, fundir toda a escultura numa só vez, levou a muitas dúvidas sobre a sua possibilidade. Uma das grandes preocupações era que não houvesse receptáculo em que se pudesse derreter tão grande quantidade de bronze. Era necessária uma grande quantidade de metal fundido, para preencher todos os elementos da obra. Havia o receio que faltasse material na circulação interna do modelo, impossibilitando um trabalho perfeito. Caso o resultado fosse negativo, haveria grande desperdício de recursos. Para além do problema técnico da fusão do metal, o extraordinário peso de toda a escultura era mais um desafio a ter em consideração.

Nesta altura, e com as mesmas preocupações, era vazada uma das estátuas de Luís XIV, mais pequena, tendo sido feita em duas partes separadas que eram posteriormente unidas com grande cuidado e mestria, sem que se pusesse em risco tão árduo e longo trabalho<sup>51</sup>. Contrapondo este relato, José-Augusto França admite que o fundidor Bartolomeu da Costa beneficiou de alguma vantagem<sup>52</sup>, pois a estátua de Luís XV, realizada por François Girandon em Paris, e de Frederico V, executada por Jacques Saly (1717-1776) em Copenhaga, já tinham sido fundidas a um só jacto em

---

<sup>49</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 136.

<sup>50</sup> Ibid., p. 237.

<sup>51</sup> “Ocorrendo ao m.<sup>mo</sup> tempo, q. estas bem ponderadas Reflexoens, obrigavão os Francezes a vazar a Estatua de Luiz 14 (imcomparavelmente muito mais piquena) em duas partes separadas, q. depois unio com delicadeza a sua abelidade, sem maior trabalho, nenhum Risco, nem gr.<sup>de</sup> despeza.” PEREIRA, Ângelo – op. cit., p. 8.

<sup>52</sup> FRANÇA, José-Augusto – op. cit., p. 87.

Paris. Esta ideia é corroborada por Jacome Ratton<sup>53</sup>, que afirma que o Tenente-General foi guiado por publicações que se fizeram na imprensa francesa, relatando todo o processo de fundição da estátua de Luís XV realizada em cera perdida, num só jacto em 1758<sup>54</sup>.

Até então, a única maneira que se julgava possível para realizar tamanho trabalho, seria de forma parcelar. No entanto, Bartolomeu da Costa, conhecedor do seu valor e responsabilidades, anunciou ao governo que apreciava tal encargo, contudo, faria a reprodução da estátua num só jacto, como realmente acaba por acontecer. Apesar de todas as dificuldades e dúvidas, foi autorizado e posto à disposição tudo o que fosse necessário à sua execução.

Para que fosse possível uma fundição de tão grande escala, foi necessário a construção de uma grande muralha<sup>55</sup> largamente fortificada junto à fundição. Esta destinava-se a sustentar o tanque onde o metal se ia fundir, tendo de lado e por baixo a quantidade necessária de matéria combustível.

Para que fosse utilizada a menor quantidade de bronze possível, toda a peça foi feita oca. Necessitou de uma estrutura em ferro para que todas as partes permanecessem ligadas e inalteráveis. A escultura foi toda feita em cera, sendo os moldes, de grande espessura, reforçados com grandes paredes de alvenaria.

Para fundir tão grande quantidade de metal foi necessário mantê-lo no fogo durante 12 dias e 14 horas<sup>56</sup>. O tempo demorado para a fusão do metal é contraposto por José Brandão Pereira de Mello, que afirma que a fusão do metal decorreu num período de 28 horas<sup>57</sup>, assim com também se pode ler numa gravura “Empregaram-se para a fundição 656 quintaes e 2 arrobas de metal os quaes foram derretidos no forno de fundir artilharia em 28 horas.”<sup>58</sup>.

Muitas orações e missas foram celebradas para que este trabalho fosse possível, sem que se desse qualquer acidente. Após a fusão do metal, foi aberto o

---

<sup>53</sup> RATTON, Jácome - **Recordações e Memórias sobre ocorrências so seu tempo, a estátua equestre de D. José, e as fábricas de papel, caixas, fiação, chitas, pentes e relógios.** Coimbra : Imprensa da Universidade, 1920, p. 232.

<sup>54</sup> SCHERF, Guilhem - *Bouchardon (les)*. In **Dictionnaire de la sculpture**. Dir. Jean-Philippe Breuille. Paris : Larousse, 1992, p. 78.

<sup>55</sup> PEREIRA, Ângelo – op. cit., p. 9.

<sup>56</sup> *Ibid.*, p. 10.

<sup>57</sup> MELLO, José Brandão Pereira de – op. cit., p. 23.

<sup>58</sup> M.E.L., fl. 1842 - **Bartolomeu da Costa**. [Visual Gráfico], [S.L.: s. n.], 1842 (Biblioteca Nacional); Ver Anexo II, Fig. 81.

tanque que permitiu ao bronze escorrer até ao interior do molde, dirigido por inúmeros canais que circundavam toda a peça. Durante três semanas<sup>59</sup>, o molde foi deixado a arrefecer, para que o metal solidificasse calmamente, e em seguida procedeu-se ao desmanche deste, para que se visse o resultado tão esperado.

Façonha única até então, Bartolomeu da Costa marcou a história da fundição. Para a realização de tal proeza, foram necessários 38.564 quilos de bronze, demorando apenas e exactamente 7 minutos e 53 segundos a encher toda a forma. A estátua ficou com 6 metros e 93 centímetros de altura e com um total de 35.245 quilos de peso<sup>60</sup>.

Todo o processo foi posto em prática no dia 15 de Outubro de 1774, por apenas 12 operários, dirigidos pelo engenheiro-fundidor Bartolomeu da Costa. Apesar de toda a liberdade dada pelo Marquês de Pombal, Bartolomeu da Costa não queria ter gastos excessivos ou inúteis, tentando ser o mais exacto e rigoroso possível, de forma a minimizar eventuais perigos.

Apesar dos grandes riscos inerentes a uma obra deste tamanho, associada a uma primeira vez, a fundição correu na perfeição e sem quaisquer incidentes, como nos faz notar Machado de Castro:

“Pelo que toca porém á fundição de Estatua, materia em que com mais conhecimento de causa posso falar, ella he, sem questão, a que tem sahido mais completa: muito limpa, muito exacta, e especialmente sem fenda alguma, em que excedeo as precedentes.”<sup>61</sup>

A perfeição do trabalho foi uma surpresa geral, não havendo espaços por preencher, o que levou a que não fossem necessários grandes acabamentos.

Após o processo de fundição, todos os gitos foram retirados e passou-se à fase de cinzelagem, no qual trabalharam 83 artífices empregados nas oficinas do Arsenal do Exército, submetidos às correcções e advertências do escultor Machado de Castro.

---

<sup>59</sup> PEREIRA, Ângelo – op. cit., p. 10.

<sup>60</sup> MELLO, José Brandão Pereira de – op. cit., p.23.

<sup>61</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 243.

Todo este processo foi realizado no fosso onde a peça havia sido fundida, tendo durado 63 dias<sup>62</sup>.

Houve grande admiração e exaltação por parte de todos, principalmente dos estrangeiros, que não estavam habituados a feitos desta dimensão pelo povo português, ainda mais quando os franceses, mais experientes nestas actividades, não se arrojam a realizar a estátua de Luís XIV numa só parte<sup>63</sup>.

Uma vez acabados os trabalhos na estátua, esta foi retirada da cova (**Fig. 82, 83**) e transportada até à Praça do Comércio, local de implantação. Esta fase também levantou grandes preocupações e dúvidas, porém, Bartolomeu da Costa criou um sistema que possibilitou o seu transporte - a Zorra. Esta era fabricada com fortes vigas de madeira do Brasil, unidas e bem ligadas com barras de ferro com 50 palmos de comprimento e 35 palmos de largura, movendo-se sobre 4 rodeiros inteiros de madeira, com cerca de 6 palmos de diâmetro, bem chapeados<sup>64</sup>. A Zorra estava construída de forma a que não abatesse a calçada, nem que sofresse algum balanço que pudesse arruinar todo o trabalho.

Antes que a escultura percorresse todo o caminho até ao seu local final, foi coberta com tecido de brim e com uma caixa de madeira, para que fosse possível ocultá-la. A estátua foi içada e colocada no carro, também ele desenhado por Bartolomeu da Costa para esse propósito, a 20 de Maio de 1775, após a visita real feita alguns dias antes pela rainha e por alguns elementos da corte. O seu transporte foi possível devido à força de mais de mil homens e levou três dias a chegar ao destino<sup>65</sup>.

Foi necessário alargar e retirar possíveis inclinações das ruas, e demolir parte do Arco da Freguesia da Santa Engrácia. As ruas foram cortadas para que a Zorra passasse sem impedimentos, demorando vários dias para realizar o seu percurso.

---

<sup>62</sup> CASTRO, Machado de - **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, pp. 243-244.

<sup>63</sup> PEREIRA, Ângelo – op. cit., p. 11.

<sup>64</sup> Ibid., p. 12.

<sup>65</sup> MELLO, José Brandão Pereira de – op. cit., p. 24.

Já na Praça do Comércio os operários elevaram toda a escultura num espaço de 8 minutos, até à altura desejada. Foi deslocada para que ficasse sobre o pedestal e depois lá depositada, demorando todo o processo cerca de 18 minutos<sup>66</sup>.

A 22 de Maio de 1775, a estátua equestre é inaugurada no Terreiro do Paço, agora renovada Praça do Comércio, sendo o escultor Machado de Castro expulso do recinto pela guarda real, com o argumento de que a autoria da obra pertencia ao fundidor.

Marcado por este facto, Machado de Castro dedica-se à reflexão sobre o tema e deixa diversos escritos onde consagra em definitivo o Escultor como um Artista, que realiza tridimensionalmente imagens de toda a qualidade: “He a Bella-Arte que professa o escultor: a qual exige muita Litteratura com vastissimos estudos theoricos, e praticos [...]”<sup>67</sup>.

O próprio escultor Machado de Castro, dedica ao fundidor a estrofe XXII de uma ode ao Rei D. José I, realizada pela inauguração da estátua real:

Oh quanto brilha a mole Magestosa  
Com a Effigie, em que o bronze se enriquece!  
Obra a mais primorosa,  
Que a Fundição Conhece;  
Fonte da Vida Chama,  
Que da Costa, pelo Orbe estende a Fama.<sup>68</sup>

Fez acompanhar a publicação dessa ode da seguinte nota:

“O Brigadeiro Bartholomeu da Costa, homem raro, que a Mão do Omnipotente quiz produzir para gloria da Nação Portugueza, merecedor de que todos se empenhem em louvallo; eu o espero fazer obra mais diffusa; atrevendo-me a dizer, (sem temeridade) que entre os maiores louvores que se lhe derem a este respeito, não devem os que eu proferir ter o menor lugar; porque tenho mais razões para

---

<sup>66</sup> PEREIRA, Ângelo - op. cit., p. 18.

<sup>67</sup> CASTRO, Machado de – *Escultura*. In **Dicionário de Escultura**. Lisboa : [sn], 1937. (Imprensa Moderna), p. 43.

<sup>68</sup> CASTRO, Machado de – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 230.

conhecer o primor com que a Fundação exprimio tudo quanto a Escultura fez.”<sup>69</sup>

Durante a elevação da estátua equestre ao seu pedestal, Machado de Castro, que se situava em cima de um andaime, a fim de colaborar com tamanha manobra, foi expulso do local:

“[...] fui lançado fóra da Praça publicamente, com tal, ou tal ignominia; porque o Tenente... não quero nomeallo; pois só em declarar-lhe o nome lhe faria maior injúria do que elle me fez naquelle acto: o referido Tenente, em fim, não só usou de palavras, e gestos indecoros á sua Farda, mas até me ameaçou com prender-me; porque eu instava na precisão que havia da minha assistencia naquelle sitio.”<sup>70</sup>

Esta atitude, incompatível com a actual concepção de artista, não provocou qualquer escândalo ou indignação. A postura em que se dá maior proeminência à fundição, poderá estar relacionada com a ignorância nesta matéria, julgando-a com maior dificuldade e raridade, e relegando a escultura a um plano de fácil acesso e compreensão. Este julgamento impede o deslumbre da escultura em detrimento da técnica<sup>71</sup>.

Segundo Francisco d'Assis Rodrigues, Machado de Castro era um homem de carácter firme e desinteressado, um homem de religião e de pátria “modelado pelos sentimentos que não eram muito raros entre os antigos portugueses”<sup>72</sup>.

“Machado de Castro fôra o autor da estátua de D. José, por assim dizer, incidentalmente. Como era um artista de génio, dotado de possibilidades e de condições de estudioso, repleto de brios e de ambições de honra, ultrapassara-se nessa obra, saindo inclusivamente das suas habilidades naturais para uma ciência técnica e de estilo

---

<sup>69</sup> CASTRO, Machado de – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**, p. 231.

<sup>70</sup> *Ibid.*, p. 261.

<sup>71</sup> Cf. FARIA, Miguel Figueira – A Apologia da preeminencia da Arte da Escultura, sobre a de fundir Estatuas de metal de Joaquim Carneiro – notas sobre a questão do Estatuto da Artista no final de Setecentos. In **Revista da Faculdade de Letras – Ciência e Técnicas do Património**. Porto : Faculdade de Letras, 2003, I Série vol.2, pp. 687-702.

<sup>72</sup> RODRIGUES, Francisco de Assis – Joaquim Machado de Castro. In **Revista Universal Lisbonense**. op. cit., p. 99.

monumental que não cultivava, ao ponto de com tão particular prova multiplicar as maneiras individuais da sua arte de modelador.”<sup>73</sup>

Era um homem dado aos estudos e que iniciou, de algum modo, em Portugal, a defesa de uma classe profissional. Machado de Castro, apesar do pouco reconhecimento e de alguns dissabores ao longo da sua vida, contribuiu em grande medida para a edificação de um pensamento português das artes.

A importância excessiva dada ao fundidor da estátua equestre, em detrimento do trabalho escultórico, é clara para a apreciação do estado das artes em Portugal na época.

Francisco d'Assis Rodrigues, num artigo que escreveu para a *Revista Universal Lisbonense* sobre Machado de Castro, cita um estrangeiro que diz:

“Entre mil Portuguezes talvez não exista um, que saiba ter sido elle, elle Joaquim Machado de Castro, o Author da Estatua; posto que os seus talentos o hajam emparelhado com os primeiros artistas do seu século quasi que é desconhecido na sua própria terra [...]. Desejamos nós para credito de Portugal que Machado de Castro seja o ultimo exemplo dos talentos desattendidos.”<sup>74</sup>

---

<sup>73</sup> MACEDO, Diogo de – **A Escultura Portuguesa Nos Séculos XVII e XVIII**. Lisboa : Edição da Revista “Ocidente”, 1945, p. 104.

<sup>74</sup> RODRIGUES, Francisco de Assis – Joaquim Machado de Castro. In **Revista Universal Lisbonense**. Lisboa : op. cit., p. 99.

## 5 - Conclusão

Em toda a tecnologia de fundição existem vários processos, nenhum deles perfeito, mas, certamente, cada um deles mais adequado a determinada circunstância. Cada um possui virtudes e defeitos, sempre com algum nível de imprevisibilidade, o que lhes confere um grau de fascínio e, ao mesmo tempo, de receio.

Por muitos desenvolvimentos que se levem a cabo nesta área, há sempre factores alheios que interferem no decorrer do processo. Dificilmente será possível que estes factores sejam completamente controlados, principalmente se falarmos de fundição artística, pois isso iria aumentar exponencialmente o seu custo, o que se tornaria insuportável no mercado da arte.

Muitos progressos se fizeram ao nível da maquinaria e dos materiais utilizados na fundição, mas o processo mantém-se praticamente inalterado desde a sua descoberta. Em linhas gerais, era feito o modelo, seguidamente o molde, o metal era fundido e, posteriormente, vazado para a cavidade do molde. Era assim que se fazia, e é assim que se continua a fazer.

Todavia, no decorrer desta investigação, tivemos a oportunidade de explorar, com maior profundidade, algumas das técnicas mais utilizadas na fundição artística. Estes saberes técnicos irão ser fundamentais para fazer uma escolha mais consciente e esclarecida do método mais apropriado para cada objectivo, assim como para evitar possíveis problemas na hora de fundir uma escultura.

Até ao momento, a informação sobre o tema era dispersa, superficial e, na grande maioria dos casos, não era editada em português. Neste sentido, a presente dissertação surge para colmatar a carência a esse nível, dando assim informação precisa a todos os interessados pela matéria.

A fundição tem vindo a ser utilizada desde o seu surgimento, com maior ou menor intensidade, tendo-se mantido a par com a escultura. Na grande maioria das vezes, a fundição artística é feita com bronze, considerado por muitos como um material nobre por excelência. O longo e trabalhoso processo da sua fundição fez com que, em certas alturas da história, o bronze fosse preterido em detrimento de outros

materiais, como, por exemplo, a pedra. Porém, esta não permite resoluções técnicas que muitos escultores ambicionavam nos seus trabalhos escultóricos, nem a perpetuação que as entidades encomendadoras desejavam. A pedra é consideravelmente mais frágil, o que permitiu o ressurgimento do bronze, que atingiu o seu apogeu no Renascimento. No entanto, este foi, inicialmente, um período complicado ao nível técnico. Durante a Idade Média a fundição foi bastante escassa, sendo que a tecnologia ficou comprometida pela ausência de conhecimentos e de pessoal habilitado para a realizar.

O bronze, metal de eleição na escultura, é uma liga de cobre, estanho e zinco, podendo ser-lhe adicionado, em pequenas quantidades, outros metais para melhorar determinadas características. O bronze sempre foi uma liga muito popular pelas suas especificidades, sendo de destacar a sua força estrutural, grande resistência à corrosão, facilidade de fundição e uma óptima superfície que permite bons acabamentos e uma boa aplicação de patinas. O seu ponto de fusão varia entre os 1020° C e os 1250° C, permitindo um trabalho detalhado e complexo, sendo que a sua plasticidade e resistência abrem novas possibilidades no campo da escultura.

Na fundição, a fusão do metal é apenas uma pequena parcela do longo e trabalhoso caminho a percorrer para atingir um bom resultado, os moldes, por exemplo, têm um papel preponderante e decisivo em todo o processo.

No essencial, podemos falar de dois métodos principais na fundição artística. O método de areia e o método da cera perdida. No primeiro, destacamos as areias verdes, onde os moldes são feitos com areias naturais, possuindo uma pequena percentagem de argila e água. Este é um processo relativamente simples, barato e eficaz, no entanto, é um processo limitativo, sendo indicado para peças mais simples e pequenas.

Dentro do método das areias, também podemos falar do processo com silicato de sódio, que utiliza dióxido de carbono para tornar as areias rígidas e resistentes, capazes de suportarem a pressão e o desgaste impresso pelo metal fundido. Este é um processo bastante mais versátil que o anterior, possibilitando a execução de peças de grande escala, com formas e texturas complexas. Todavia, o seu custo é considerável, sendo apenas executado em fundições artísticas de dimensão considerável.

Quando falamos em cera perdida, podemos distinguir o método italiano e o

método da casca cerâmica, também conhecido por *ceramic shell*. Em linhas gerais, o que realmente distingue os dois métodos são os materiais com que os moldes são realizados, sendo que ambos os processos terão necessidade de executar o modelo em cera.

No caso do método italiano, os moldes são feitos com uma mistura de chamote, gesso e água. Esta mistura é aplicada sobre a cera, de modo a criar os respectivos moldes. Caso se queira obter uma peça oca, será necessário que o material refractário seja introduzido no interior da cera, antes da realização dos respectivos moldes. Quando estes estiverem finalizados e solidificados, são cozidos, permitindo que a cera seja retirada do seu interior, o que mais tarde dará lugar ao metal. A cozedura também fará com que seja extraída toda a humidade dos moldes, para que não haja uma reacção com o metal em fusão. O método italiano é bastante versátil no que diz respeito à tipologia das peças a fundir, permitindo realizar peças vazadas com relativa facilidade. No entanto, o tamanho das peças a fundir estará sempre dependente do tamanho do forno que irá cozer os respectivos moldes. Isto faz com que a escultura nunca possa ser muito grande, a menos que seja feita por partes. Outro aspecto menos positivo é o tipo de forno que é necessário para a sua cozedura e o tempo que demora o processo. São fornos relativamente grandes, com alguns encargos, podendo demorar entre 25 a 48 horas de cozedura, dependendo do tamanho dos moldes.

No caso dos moldes em casca cerâmica, o problema da cozedura não se põe, visto que estes apenas necessitam de ser expostos a uma elevada temperatura, durante um curto período de tempo, sendo que o choque térmico poderá ser dado com um simples queimador a gás. Este choque térmico, para além de conferir resistência ao molde, permite que a cera derreta e seja extraída. Os moldes são feitos por camadas, alternando entre uma lama, sílica coloidal e *molochite* em pó, e diversos calibres de grãos de *molochite*, que devem ir aumentando à medida que se vai construindo o molde.

Todavia, não existem métodos completamente perfeitos e este não é uma excepção. Apesar de não necessitar de grandes cozeduras, é um processo em que é difícil a execução de um núcleo, dificultando a realização de esculturas ocas. Neste caso, o núcleo, ou é evitado, dividindo a peça em vários elementos, ou é feito com chamote e gesso, necessitando assim de uma longa cozedura.

Todavia, é um processo muito eficaz, resistente, leve e que suporta altas temperaturas, sendo perfeito para peças pequenas.

Dois outros métodos, utilizados essencialmente na realização de pequenos objectos e joalharia, são o método da centrifugação e o método por vácuo. Ambos necessitam de um modelo em cera e dos respectivos moldes, que têm de ser devidamente cozidos. No primeiro, o ar é completamente retirado do molde e o metal fundido é sugado para dentro deste, devido à força exercida pelo vácuo. No segundo caso, depois de o molde estar cozido e sem cera, é colocado numa centrifugadora, que, ao girar, obriga o metal fundido a entrar na cavidade do molde.

Contudo, antes de iniciar a execução dos moldes há que pensar como é que o metal fundido irá entrar e como é que o ar sairá do seu interior, isto é, há que ter em consideração os canais de enchimento e de respiração. Esta é uma parte fundamental em todo o processo de fundição. É aqui que se pode ditar o sucesso ou o insucesso de todo o sistema, podendo pôr em causa o trabalho realizado. Todos os métodos de fundição têm de possuir, pelo menos, um canal de enchimento, sendo que a maior parte deles necessita de respiradores. Todavia, alguns processos, quer pelo tipo de moldes, quer pelo tipo de procedimentos, não necessitam de grandes sistemas de ventilação. O método da centrifugação e o método por vácuo apenas necessitam de um canal de enchimento, canal esse que permite a entrada do metal fundido, visto serem processos que imprimem extrema força, não havendo risco de causar bolsas de ar.

O método *ceramic shell*, assim como o método das areias verdes, por possuírem moldes muito porosos, o que permite uma boa respiração, não necessitam de sistemas de ventilação muito complexos. Apesar disso, há que ter extrema atenção e cuidado na aplicação destes canais, com especial atenção quando se opta pelo método italiano, tendo que ter em consideração o tamanho e a espessura das paredes da peça.

Para a fusão do metal é indispensável um forno, sem grandes requisitos específicos, sendo apenas necessário que este atinja a temperatura prevista à fusão. Quando este estiver em funcionamento, é obrigatório ter em atenção alguns aspectos relacionados com a segurança, nunca esquecendo que o metal fundido atinge temperaturas muito elevadas e que não pode sofrer choques térmicos, pois isso levará a graves acidentes.

Quando o metal atingir uma temperatura que permita a sua fusão, apenas será

necessário vertê-lo para o interior do molde e deixar que solidifique e arrefeça. Após esta etapa, o processo de fundição em si está terminado, mas a peça ainda não está concluída, necessitando ainda que lhe seja empregue muito tempo para que fique totalmente finalizada.

Após a extracção da peça do interior do molde, há que retirar todos os canais que constituem os sistemas de alimentação e de ventilação. Neste procedimento é fundamental ter muita atenção, para que não seja retirado mais do que é necessário, danificando assim a peça. Após a remoção dos canais, é feito um tratamento de superfície para que não se notem os locais onde os canais foram cortados ou para retocar possíveis defeitos. Para isso, são utilizadas técnicas como a cinzelagem, a conformação manual (também conhecida por repuxado) ou a aplicação de abrasivos. Quando toda a superfície da escultura estiver finalizada e devidamente tratada, segue-se a aplicação da patina, caso o escultor queira aplicar uma coloração à sua obra.

As patinas podem ser naturais ou artificiais. As primeiras são a coloração que o metal obtém com o passar do tempo, sendo que no caso do bronze as cores dominantes são os verdes e os castanhos. As patinas artificiais consistem na aplicação de agentes químicos que permitem a coloração do metal, tendo como intuito principal a recriação de metal envelhecido.

Existem vários modos de aplicação das patinas e uma infinidade de receitas, para uma infinidade de colorações. Podem ser aplicadas a quente ou a frio, de um modo lento ou rápido, e tal como todo o processo de fundição, os resultados dependem de inúmeras variantes, impossibilitando uma previsão fidedigna do resultado final.

Quando se atingir a coloração desejada, a peça deve ser lavada e seca, e posteriormente aplicado um verniz, cera ou laca, para que fixe o processo químico e proteja a obra.

Ao longo da História da Arte muitas foram as peças realizadas em bronze, no entanto, é no Renascimento que este material ressurge em larga escala, em grande parte devendo-se ao culto da Antiguidade Clássica, na qual as estátuas em bronze eram muito comuns. Porém, é com as estátuas equestres que se apresentam os grandes desafios técnicos. Não é uma temática nova, mas dada a ausência de conhecimento e

de pessoas especializadas na área da fundição, esta tipologia tornou-se um enorme desafio técnico. Havia a necessidade dos governantes perpetuarem os seus heróis e os seus feitos em praça pública e por muito que a pedra fosse um dos materiais de eleição durante este período, esta não tinha a resistência suficiente para a eternidade.

Em Portugal esta provação técnica também foi superada, apesar de tardia relativamente ao resto da Europa, como é exemplo a fundição a um só jacto da *Estátua Equestre de D. José I*, modelada por Machado de Castro e fundida por Bartolomeu da Costa. Foi um processo de grande audácia e arrojo para a época, principalmente se tivermos em consideração que nunca se tinha feito nada semelhante até então em Portugal. Neste processo foi utilizado o método de cera perdida, tendo sido necessários mais de 38.500 quilos de bronze. Todo o processo demorou cerca de 5 anos desde a execução do primeiro modelo em cera por Machado de Castro, até ao dia da inauguração da estátua, a 22 de Maio de 1775.

Todos os métodos de fundição são processos com alguma complexidade e que nunca devem ser executados sem uma prévia reflexão. Na escolha do processo devem ser tidas em conta as características da obra, os seus objectivos e os recursos disponíveis para tal. As expectativas devem ser moderadas relativamente ao resultado final, uma vez que a tecnologia defronta-se com um nível de imprevisibilidade acentuado. No entanto, essa imprevisibilidade deve ser atenuada, seguindo cuidadosamente todas as fases do trabalho, sem que nenhuma das etapas do processo seja acelerada, pois isso levaria a maus resultados e, eventualmente, a graves acidentes.

Todos os procedimentos devem ser acompanhados pelo autor da obra e, neste sentido, é fundamental um conhecimento, pelo menos teórico, de todo o caminho a percorrer até que a peça fique concluída, pois só assim o autor da obra poderá obter os resultados desejados. Idealmente, todo o trabalho deveria ser realizado em conjunto entre a equipa de fundição e o artista, uma vez que algumas das fases do processo de fundição devem ser da responsabilidade do escultor.

A concretização de fundições em Portugal tem vindo a diminuir, dificultando, assim, a realização de esculturas de bronze, por parte dos escultores que continuam a desenvolver trabalhos que dependem desta tecnologia. Neste sentido, este trabalho

pode também ser uma mais valia, uma vez que apresenta vários métodos e os cuidados a ter em cada fase, dando a conhecer ao autor as diferentes dificuldades que este deve ter em consideração, aquando da realização do seu projecto pessoal.

A presente dissertação desmistifica vários conceitos que estão directamente ligados a uma técnica dita tradicional. Talvez seja esse conceito de “tradicional” e de pouco inovador que está a deixar cair em desuso uma tecnologia intimamente ligada à prática da escultura. No entanto, o desafio que a contemporaneidade nos coloca é a renovação e a reinterpretação do “tradicional”, não deixando que preconceitos deixem cair no esquecimento técnicas e saberes, que sempre estiveram no domínio da escultura. O caminho para a criação de novas linguagens e de novos rumos pode estar na apropriação de técnicas e conhecimentos tradicionais, aplicando-lhes conceitos actuais e pessoais, nunca esquecendo que a técnica e o pensamento artístico fundem-se num só.

Todavia, um trabalho teórico, em si, não pode ser suficiente para dar todas as ferramentas que um indivíduo necessita para se lançar na aventura que é a fundição. Esta dissertação pretende ser um complemento importante na experimentação prática da técnica oficial. Numa tecnologia, principalmente na fundição, que possui um elevado número de variantes e de alternativas, a experimentação prática será o único caminho viável para um resultado positivo. É neste sentido que defendemos que a fundição artística deve ser ministrada no sistema de ensino artístico português, como tem vindo a acontecer noutros campos tecnológicos relacionados com a escultura, para que o conhecimento da técnica não se perca, não permitindo que a história se repita.

## **Bibliografia**

**A escultura de Joaquim Correia.** Lisboa : Verbo, 1982.

AMMEN, C. W. - **The Complete handbook of Sand Casting.** New York : McGraw-Hill, 1979. ISBN-13: 978-0-8306-1043-3.

ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur.** Poole : Special Interest Model Books, 1988. ISBN: 978-185486-168-9.

ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry.** Poole : Special Interest Model Books, 2006. ISBN: 978-185486-146-7.

AURÉLIO, José - *Viagem pelo tempo.* In **Fogo e Areia. José Aurélio - Escultura Aurélio.** AURÉLIO, Joana ; AURÉLIO, José (Coord.). Óbidos : Câmara Municipal, 2005.

AVERY, Charles - *Equestrian monument* . In **The Dictionary of Art.** Ed. Jane Turner. New York : Grove; London : Macmillan Publishers, 1996, vol. 10, pp. 440-442.

BAUDRY, Marie-Thérèse - **Sculpture - Méthode et Vocabulaire.** 6<sup>o</sup> Ed., Paris : Imprimerie National, 2005, ISBN 2-85822-459-5.

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA - **Estudos de Machado de Castro para a Estátua Equestre de D. José I.** 2<sup>o</sup> Edição. Lisboa : Imprensa Municipal de Lisboa, 1975.

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA - **O Atelier de Leopoldo de Almeida**. Lisboa : Câmara Municipal de Lisboa, 1998.

CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS - **Encontros de Escultura**. Vol. II. Oeiras : Câmara Municipal, 2000.

CARVALHO, Anabela (Dir.) - **Estatuária e Escultura de Lisboa**. Lisboa : Câmara Municipal de Lisboa, 2005.

CASTRO, Machado de Castro - *Artista e Artizano*. In **Dicionário de Escultura**. Lisboa: Imprensa Moderna, 1937, p. 28.

CASTRO, Machado de Castro – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**. Lisboa : Academia Nacional de Belas Artes, 1975.

CASTRO, Machado de Castro – *Escultura*. In **Dicionário de Escultura**. Lisboa : Imprensa Moderna, 1937, p. 43.

CASTRO, Machado - *Fusoria*. In **Dicionário de Escultura**. Lisboa : Imprensa Moderna, 1937, p. 48.

CELLINI, Benvenuto - **The Autobiography of Benvenuto Cellini**. Trad. George Bull. London : Penguin Classics, 1998.

CELLINI, Benvenuto - **The Treastises of Benvenuto Cellini on Goldsmithing and Sculpture**. Trad. C. R. Ashbee. [S.L.] : Kessinger Publishing, 2006.

CIPOLLA, Carlos M. - **Construir o passado : Canhões e Velas nas Primeira fase da expansão Europeia (1400-1700)**. Trad. Ana Mónica Faria de Carvalho. Lisboa : Grávida, 1989.

CHAFES, Rui - **O Silêncio de...** Lisboa : Assírio & Alvim, 2006.

CRADDOCK, P. T. - *Bronze*. In **The Dictionary of Art**. Ed. Jane Turner. New York : Grove; London : Macmillan Publishers, 1996, vol. 4. ISBN 1-884446-00-0, pp. 848-855.

CRUZ, Sorroche ; VIDIGAL, António ; BRANCO, Cristina ; VALDIVIESO, Fernando M. – **Fundição como Modelo Perdido**. Lisboa : Faculdade de Belas Artes – Universidade de Lisboa, 2002. ISBN 972-98505-5-0.

CRUZ, Antonio Sorroche - **Nuevas tácticas y nuevos materiales en la fundición escultórica actual - El uso del poliestireno expandido**. Granada : [s.n.], 1998. ISBN: 84-605-8187-X.

DUBY, Georges ; DAVAL, Jean-Luc (Editores) - **SCULPTURE - From the Renaissance to the Present Day**. Hong Kong : Taschen, 2006, Vol. 2.

DUHAMEL, Olivier O. - **Bronze Casting Manual**. New Zealand : [s.n.], 2010.

DUARTE, Eduardo - Monumento. In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005, pp. 400-405.

ERKILETIAN, Amber Geneva - *Bronze and other copper alloys*. In **The Encyclopedia of Sculpture**. Ed. Antonia Böstrom. New York / London : Fitzroy Dearborn, 2004, vol. 1. ISBN 1-57958-248-6, pp. 208-210.

FARIA, Miguel Figueira – A Apologia da preeminência da Arte da Escultura, sobre a de fundir Estatuas de metal de Joaquim Carneiro – notas sobre a questão do Estatuto da Artista no final de Setecentos. In **Revista da Faculdade de Letras – Ciência e Técnicas do Património**. Porto : Faculdade de Letras, 2003, I Série vol.2, pp. 687-702.

FARIA, Miguel Figueiredo - **Machado de Castro (1731 - 1822) - Estudos**. Lisboa : Livros Horizontes, 2008. ISBN 978-972-24-1611-5.

FERREIRA, José M. G. de Carvalho - **Tecnologia da Fundição**. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1999. ISBN 972-31-0837-2.

FINLEY, Moses I. - **Early Greece: The bronze and archaic ages**. London : Chatto & Windus, 1970.

FOCILLON, Henri – **A Vida das Formas**. Trad. Ruy Oliveira. Lisboa : Edições 70, 2001.

FRANÇA, José-Augusto - **A Reconstrução de Lisboa e a Arquitectura Pombalina**. Lisboa : Biblioteca Breve, 1989.

GALEFFI, Romano - **Fundamentos da Criação Artística**. São Paulo : Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

GASTÃO, Marques - **Encontros com António Duarte**. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1989.

HEIDEGGER, Martin - **A Origem da Obra de Arte**. Lisboa : Edições 70, 2008.

HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guption Publications, 1991. ISBN: 978-0-8230-0762-2.

HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005. ISBN 0-7643-2164-1.

HURST, Steve - **Metal Casting**. Warwickshire : ITDG Publishing, 1996. ISBN: 1 85339 197 2.

MACEDO, Diogo de – **A Escultura Portuguesa Nos Séculos XVII e XVIII**. Lisboa : Edição da Revista “Ocidente”, 1945.

MATOS, Lúcia Almeida - **Escultura em Portugal no século XX (1910-1969)**. [Lisboa] : Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.

MATOS, Lúcia Almeida - *Viagem pelo tempo*. In **Fogo e Areia. José Aurélio - Escultura Aurélio**. AURÉLIO, Joana ; AURÉLIO, José (Coord.). Óbidos : Câmara Municipal, 2005.

MELLO, José Brandão Pereira de – **O Tenente-General Bartolomeu da Costa - Artilheiro ilustre e Engenheiro- Fundidor da Estátua Equestre**. Lisboa : Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa, 1939.

M.E.L., fl. 1842 - **Bartolomeu da Costa**. [Visual Gráfico], [S.L.: s. n.], 1842 (Biblioteca Nacional), <http://purl.pt/5655> [em linha][consult. 5 de Outubro de 2011].

MILLS, John - **Encyclopedia of Sculpture Techniques**. London : Batsford, 2005. ISBN: 9780713489309.

PEDRO, António - **Introdução a uma História da Arte**. Lisboa : Horizonte, 1948.

PEREIRA, Ângelo - **A Inauguração da Estátua Equestre de El-Rei D. José I**. Lisboa : Editorial Labor, 1938.

PEREIRA, José Fernandes - *As Leituras de Machado de Castro, Textos Fundamentais*. In **Arte Teoria**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa, Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa. ISSN 1646-396X, N°9 (2007). pp. 7-25.

PEREIRA, José Fernandes – *D. José I, Estátua Equestre de*. In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005, p. 181-185.

PEREIRA, José Fernandes – *Estátuas Equestres* . In **Dicionário de Escultura**. Dir. José Fernandes Pereira. Lisboa : Caminho, 2005, pp. 279-282.

RATTON, Jácome - **Recordações e Memórias sobre ocorrências so seu tempo, a estátua equestre de D. José, e as fábricas de papel, caixas, fiação, chitas, pentes e relógios**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1920.

READ, Herbert - **As Origens da Forma na Arte**. Trad. Waltensir Dutra. 2ª ed. Rio de Janeiro : Zahar Editores, 1981.

REGATÃO, José Pedro - **Arte Pública e os Novos Desafios das Intervenções no Espaço Urbano**. 2ª edição. [S.l.] : Books on Demand, 2010.

RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988. ISBN 0-486-25742-8.

RODRIGUES, Francisco Assis - *Fundição*. In **Diccionario Technico e Historico de Pintura, Esculptura, Architectura e Gravura**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1875, pp. 194-195.

RODRIGUES, Francisco de Assis – *Joaquim Machado de Castro*. In **Revista Universal Lisbonense**. Lisboa : Imprensa Nacional, 17 de Novembro de 1822, pp. 99-102.

RODRIGUES, Assis - *Monumento*. In **Diccionario Technico e Historico de Pintura, Esculptura, Architectura e Gravura**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1875, p. 264.

ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. ISBN: 0 7090 7118 3.

ROSA, Padre José António Pinheiro e - **Vozes de Bronze : Os sinos das torres do Algarve**. Faro : [Tipografia União], 1947.

SAIAL, Joaquim - **Estatuária Portuguesa dos Anos 30 (1926 - 1940)**. [Lisboa] : Bertrand Editorial, 1991.

SCHERF, Guilhem - *Bouchardon (les)*. In **Dictionnaire de la sculpture**. Dir. Jean-Philippe Breuille. Paris : Larousse, 1992.

SIAS, Fred R. - **Lost-Wax Casting**. South Carolina : Woodsmere Press, 2005. ISBN-13: 978-0-9679600-0-5.

SILVA, João da – **O «Cânon» das Estatuas Equestres**. Lisboa : Ed. Seara Nova, 1941.

**Tecnologia do Metal**. Trad. Leonídio Costa. Lisboa : Platano Editora, 1976.

TRUSTED, Marjorie - **The Making of Sculpture**. London : V&A Publications, 2007. ISBN: 978 1 85177 507 1.

VASARI, Georgio - **Vasari on Technique**. Trad. Louisa S. Maclehorse. New York : Dover Publications, 1960.

VASCONCELOS, Salomão - **Os Sinos: na Simbologia e na História**. [S.L.: S.N.], 1946.

WITTKOWER, Rudolf - **Escultura**. Trad. de Jefferson Luiz Camargo. 2.<sup>a</sup> Ed. São Paulo : Martins Fontes, 2001. ISBN 85-336-1390-3.

## **Internet**

[http://www.vicariatusurbis.org/SantaBarbara/p\\_campane.htm](http://www.vicariatusurbis.org/SantaBarbara/p_campane.htm) [em linha][consult. 5 de Outubro de 2011].

## **Filme**

*Andrey Rublyov* [registo video], Dir. Andrei Tarkovsky. [S.L.] : The Criterion Collection, 1966.

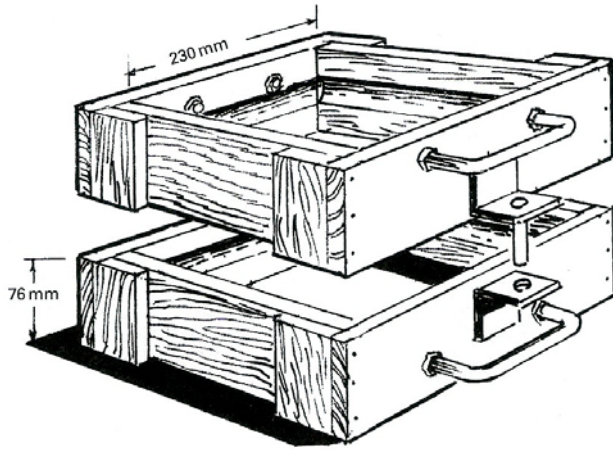
## **Entrevistas**

**Casa da Moeda**, Lisboa, 15 de Julho de 2011.

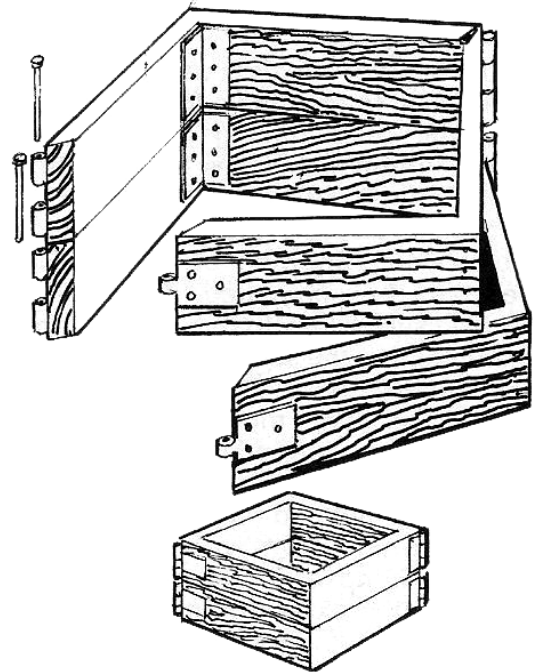
Rui Palma, **Mão de Fogo**, [via e-mail], 16 de Outubro de 2011.

# **Anexo I**

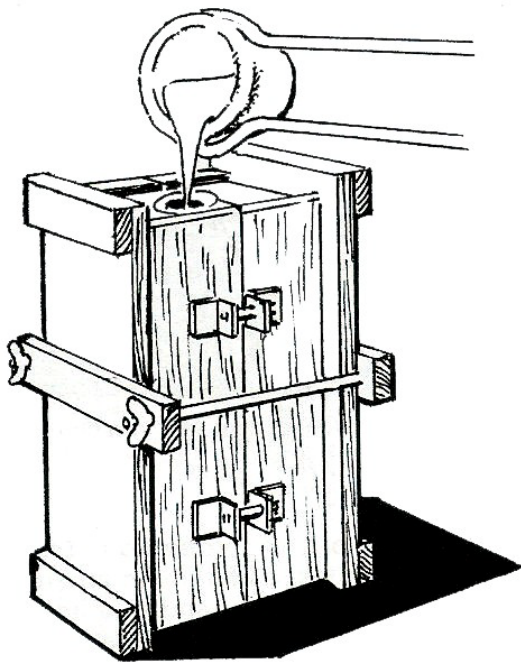
## Anexo I



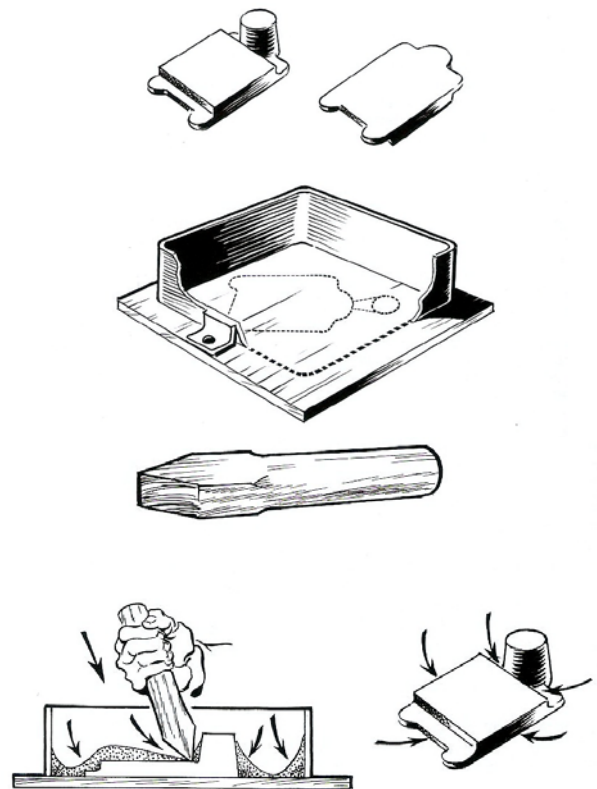
**Fig. 1** - Caixa de madeira para areias verdes.



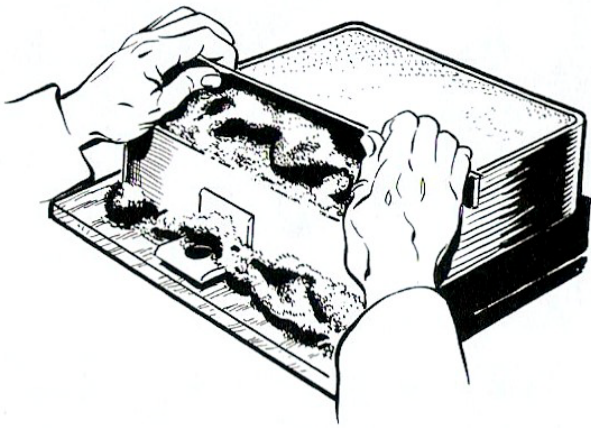
**Fig. 2** - Caixa de madeira com a possibilidade de abertura lateral.



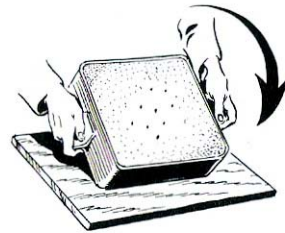
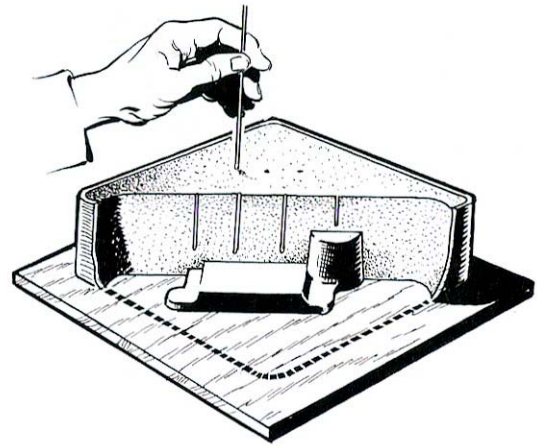
**Fig. 3** - Caixa de madeira para enchimento na vertical.



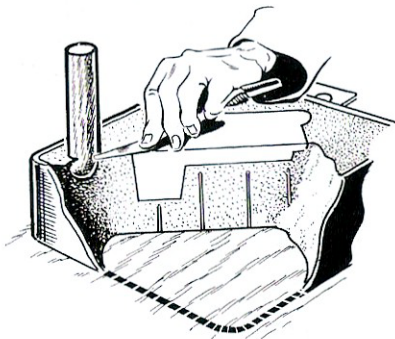
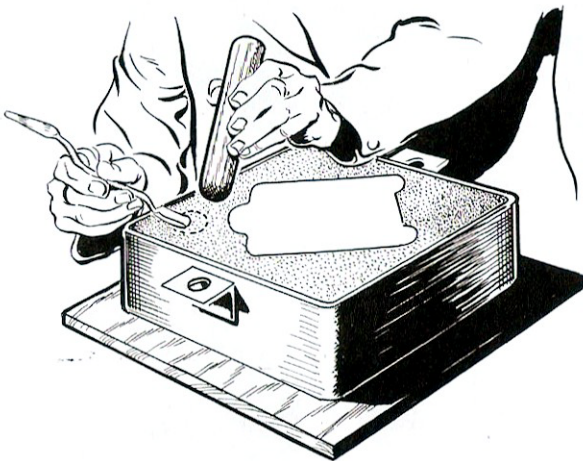
**Fig. 4** - Calção da peça.



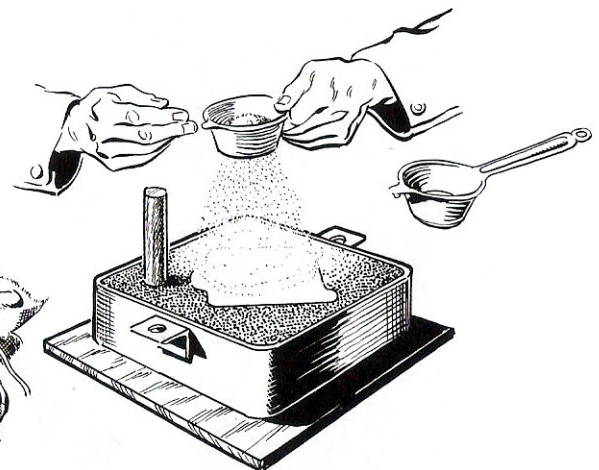
**Fig. 5** - Exatracção do excesso de areia.



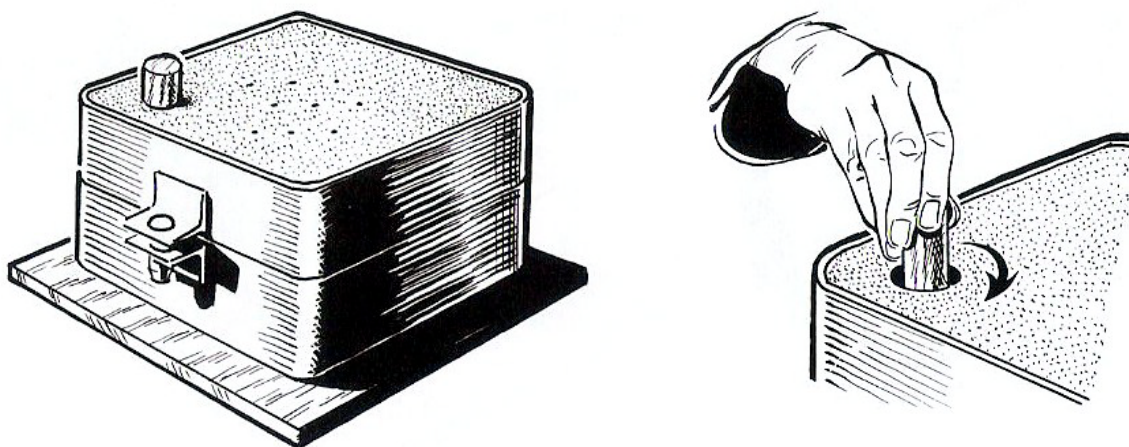
**Fig. 6** - Criação de orifícios para a ventilação.



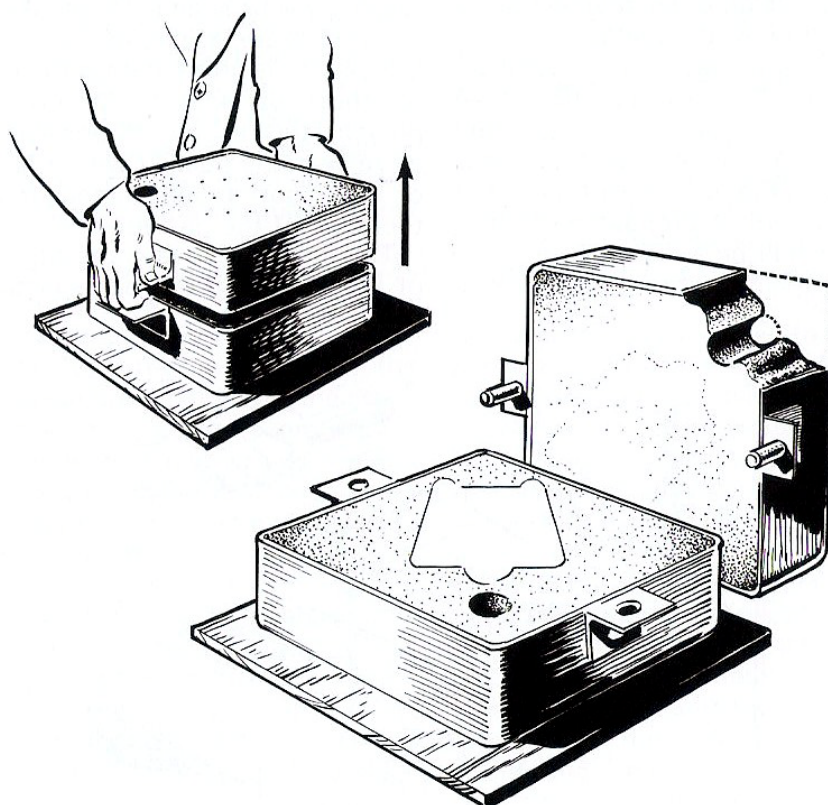
**Fig. 7** - Colocação do cilindro, para o canal de enchimento.



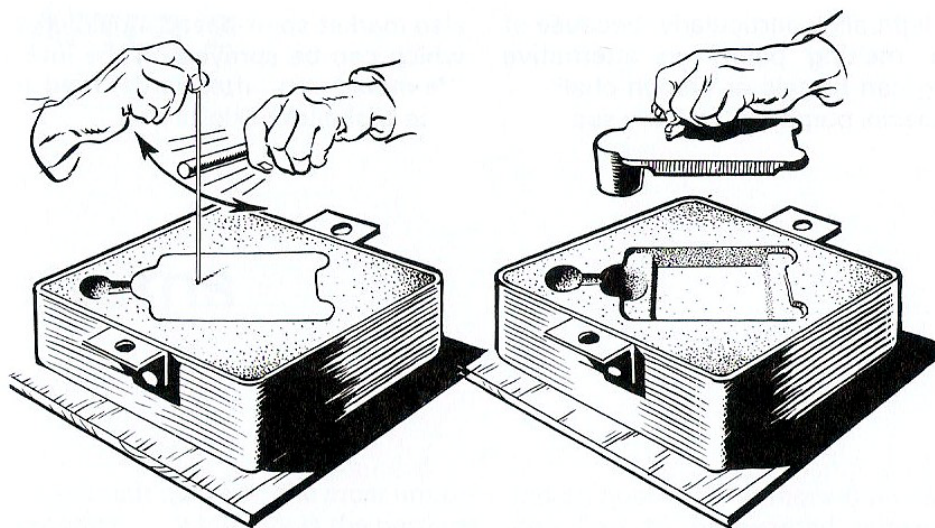
**Fig. 8** - Colocação de pó desmoldante.



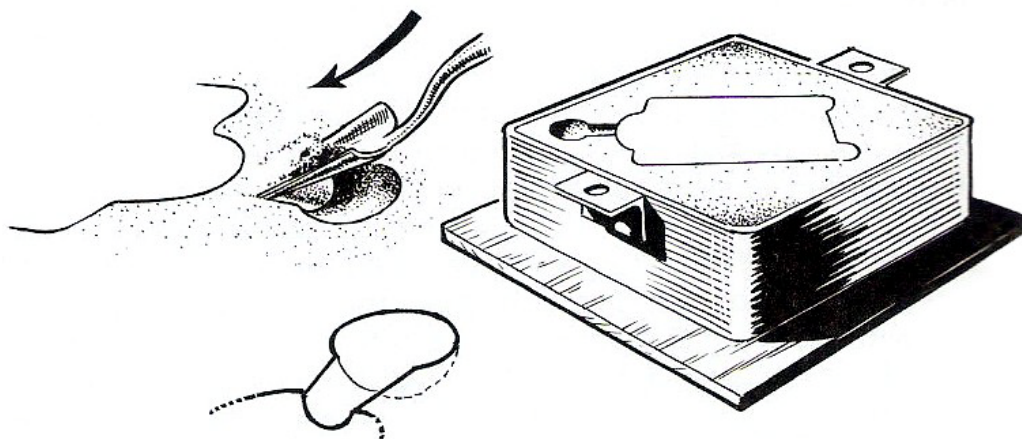
**Fig. 9** - Finalização da caixa e rotação do cilindro, para facilitar a sua extracção.



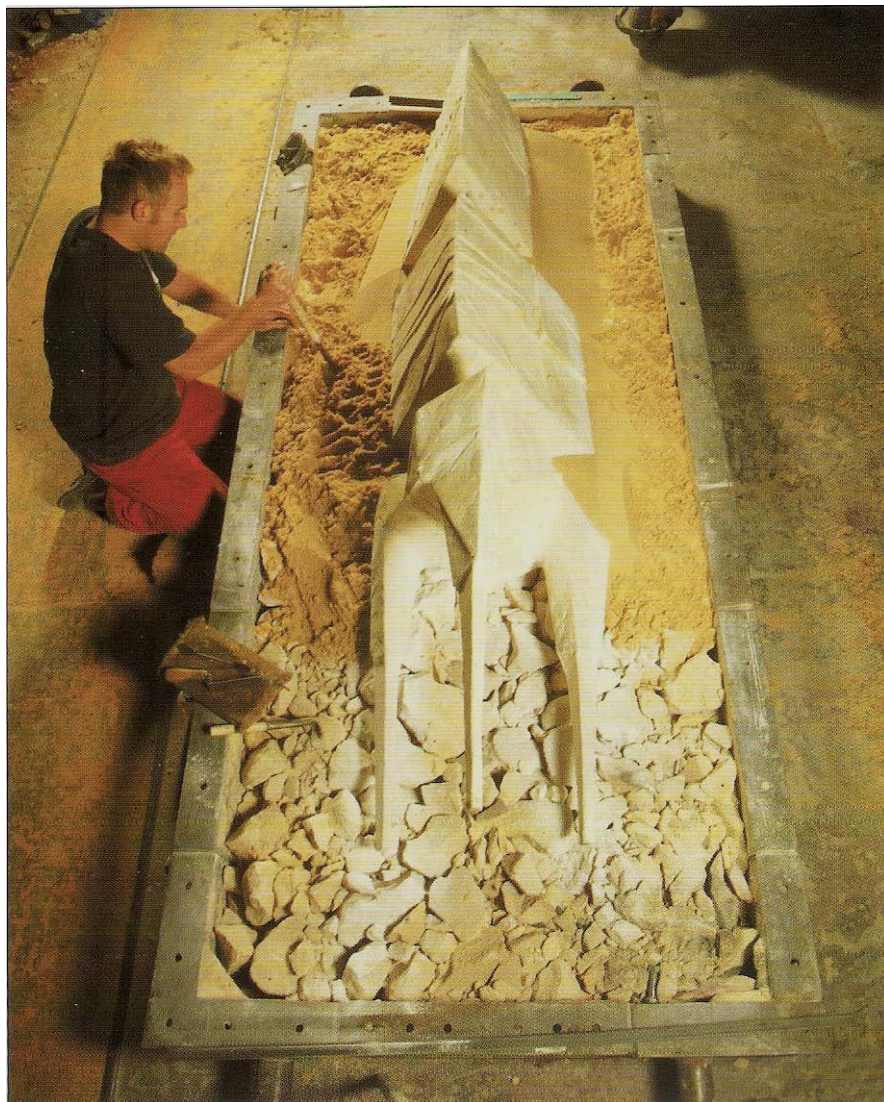
**Fig. 10** - Abertura da caixa.



**Fig. 11** - Extração do modelo.



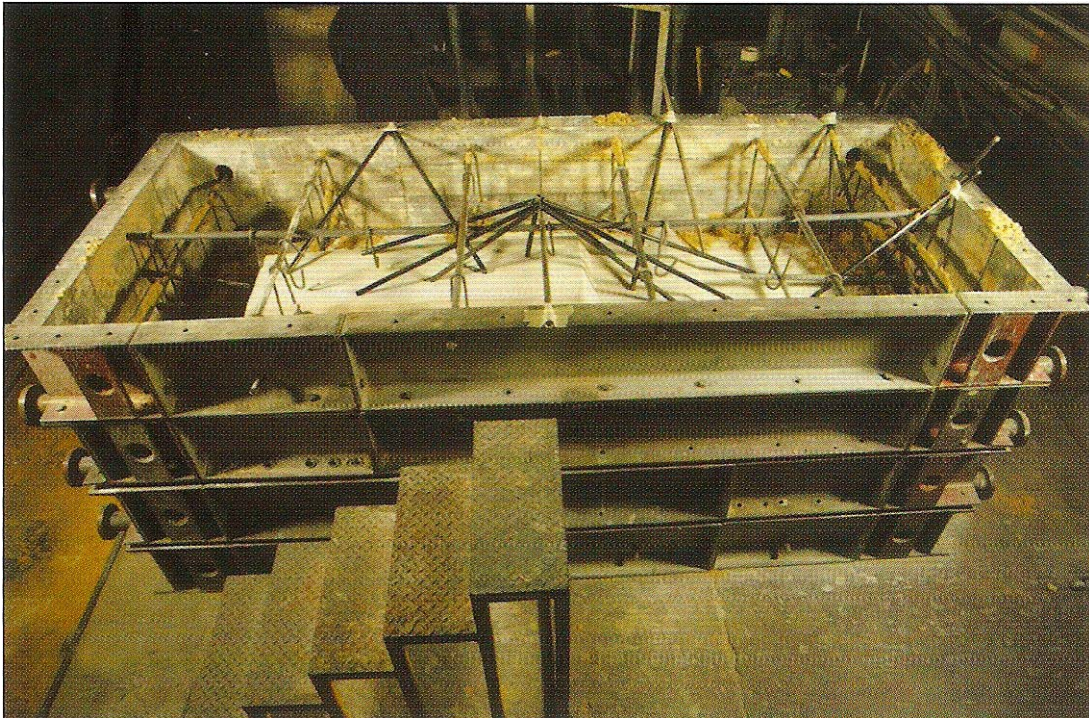
**Fig. 12** - Criação do canal que ligará o modelo ao canal de enchimento.



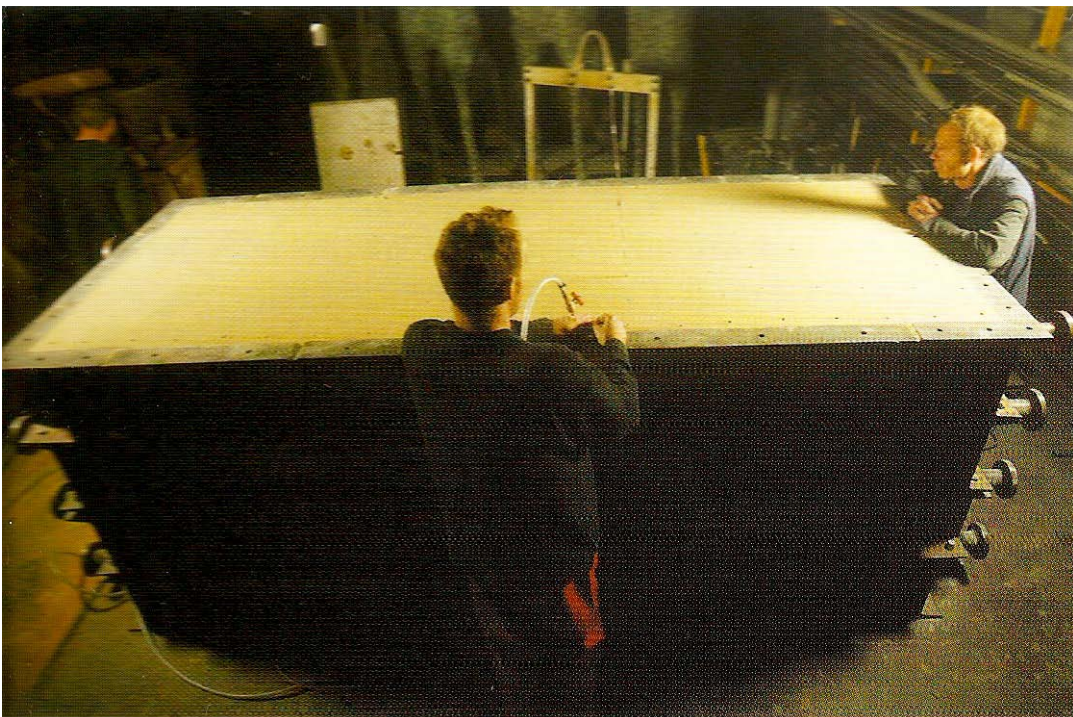
**Fig. 13** - Execução da primeira caixa.



**Fig. 14** - Execução dos moldes em diferentes partes.



**Fig. 15** - Colocação dos ferros que irão estruturar as areias e criar os canais de ventilação e alimentação.



**Fig. 16** - Finalização da caixa.



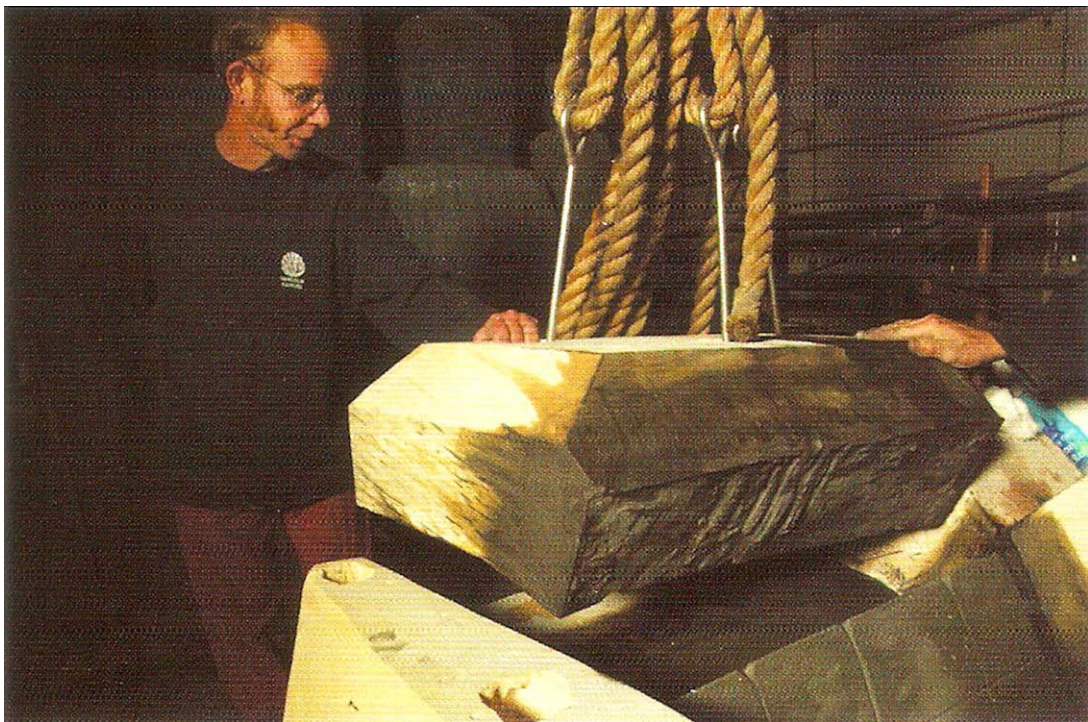
**Fig. 17 -**  
Rotação da  
caixa.



**Fig. 18 -** Colocação dos canais que irão estruturar e gaseificar as areias.



**Fig. 19** - Incendiar a grafite.



**Fig. 20** - Fechar os moldes.



A



B

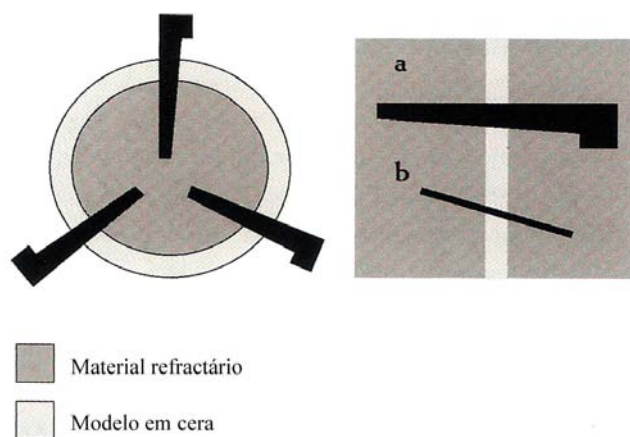


C

**Fig. 21** - Canal interno para a ventilação do núcleo.



**Fig. 22** - Execução do núcleo com ventilação interna.



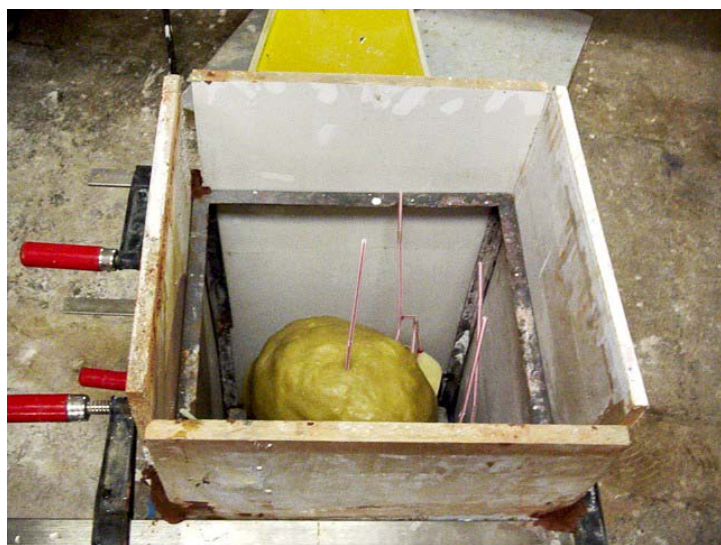
**Fig. 23** - Modo de sustentação do núcleo.



**Fig. 24** - Modelo com canais de ventilação e alimentação.



**Fig. 25** - Pequena camada de chamote para fixar todos os canais à base.



**Fig. 26** - Caixa paralelepípedica, fechada com placas de madeira.



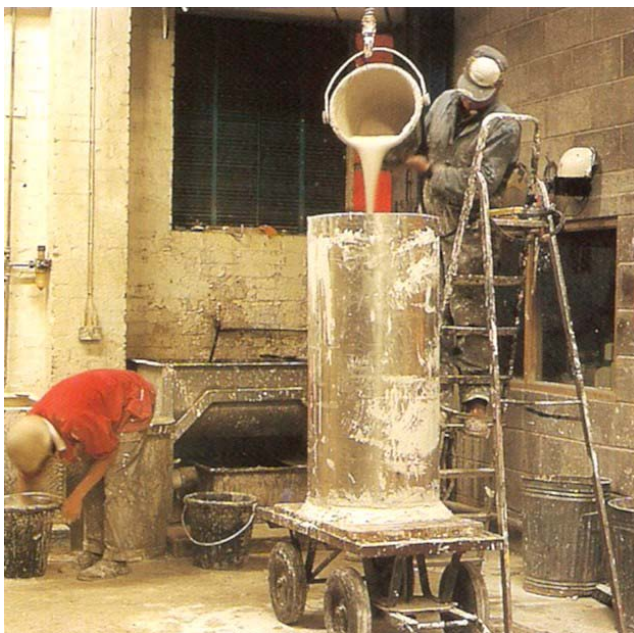
**Fig. 27** - Madeiras vedadas com barro, para impedir a saída do material refractário.



**Fig. 28** - Material refractário a solidificar.



**Fig. 29** - Molde pronto para a cozedura.



← A    ^ B

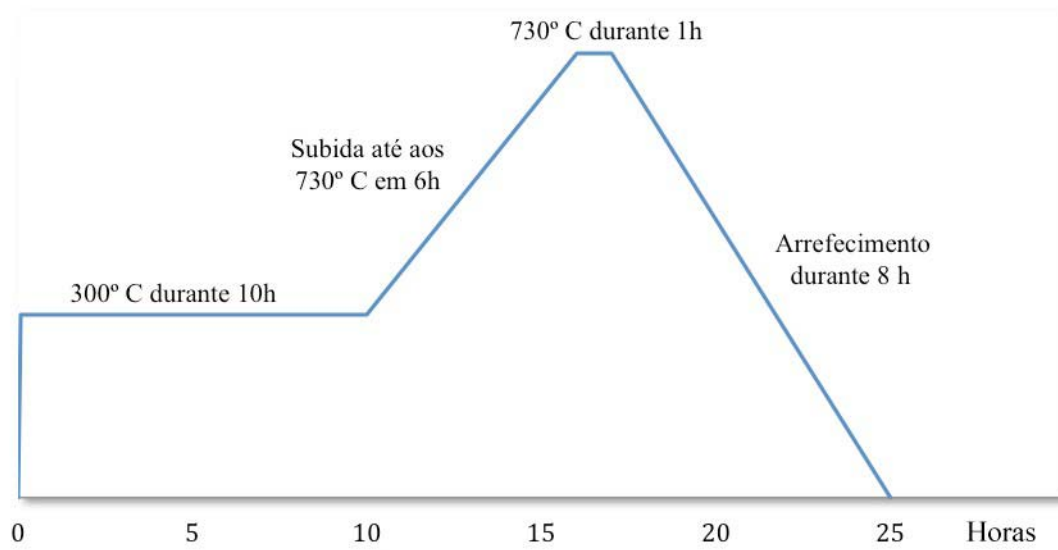
**Fig. 30** - Enchimento de molde cilíndrico e extracção da respectiva caixa.



**Fig. 31** - Reforço do molde com tecido embebido em gesso.

Moldes Pequenos 600X300X300 mm	200° Durante 16 h	650° Durante 12 h	Arrefecimento até aos 80° Durante 16 h
Moldes Grandes 1000X600X600 mm	200° Durante 16 h	650° Durante 32 h	Arrefecimento até aos 80° Durante 16 h

**Fig. 32** - Quadro com tempos de cozedura dos moldes.



**Fig. 33** - Gráfico com os patamares de cozadura utilizados na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa.



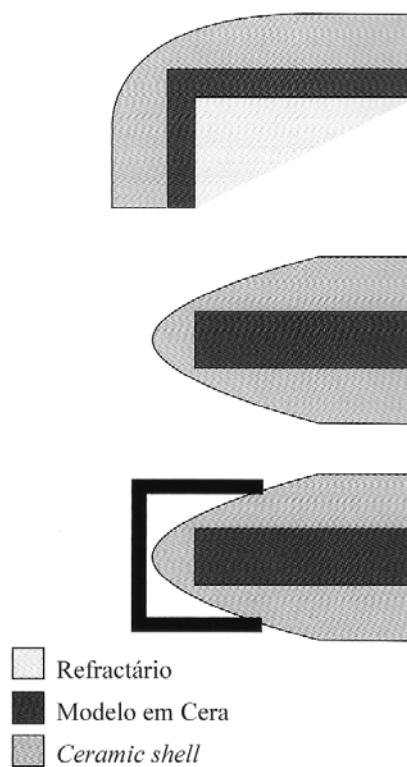
**Fig. 34** - Aplicação da lama no modelo em cera.



**Fig. 35** - Aplicação da *molochite*.

Peso do Metal (kg)	N. de camadas
0 – 7	6 + camada de finalização
7 – 11	7 + camada de finalização
11 – 18	8 + camada de finalização
18 – 23	9 + camada de finalização
23 – 45	10 + camada de finalização
45 – 59	12 + camada de finalização
59 – 73	14 + camada de finalização
73 – 91	16 + camada de finalização
91 – 114	18 + camada de finalização
114 - 136	20 + camada de finalização

**Fig. 36** - Tabela com o número de camadas aconselháveis para respectivo peso.



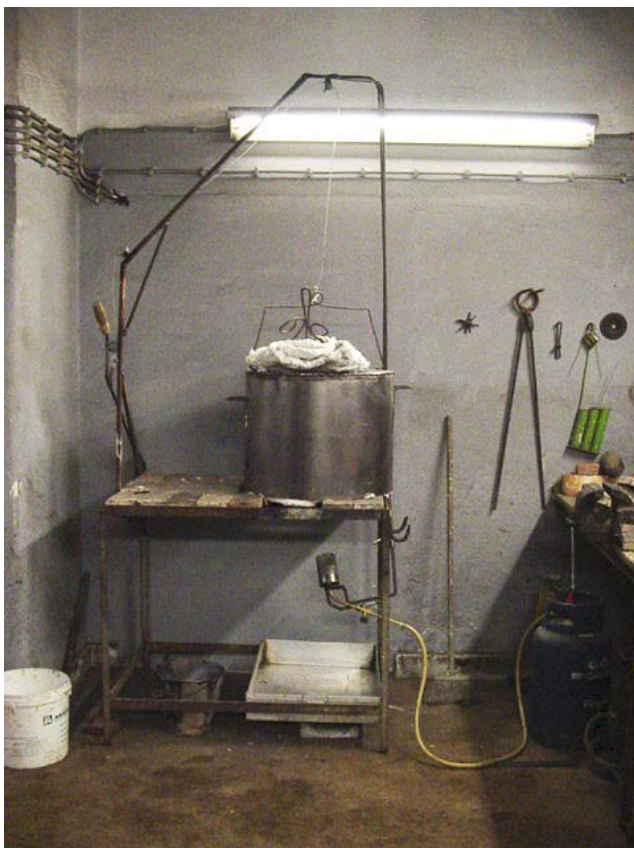
**Fig. 37** - Reforço das zonas mais frágeis do molde.



**Fig. 38** - Estrutura de ferro para peças mais pesadas.



**Fig. 39** - Extracção da cera.



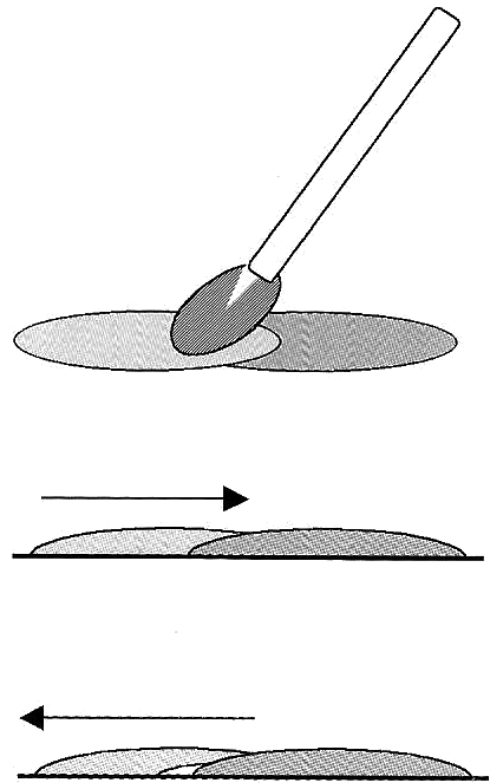
**Fig. 40** - Forno para a extracção da cera.



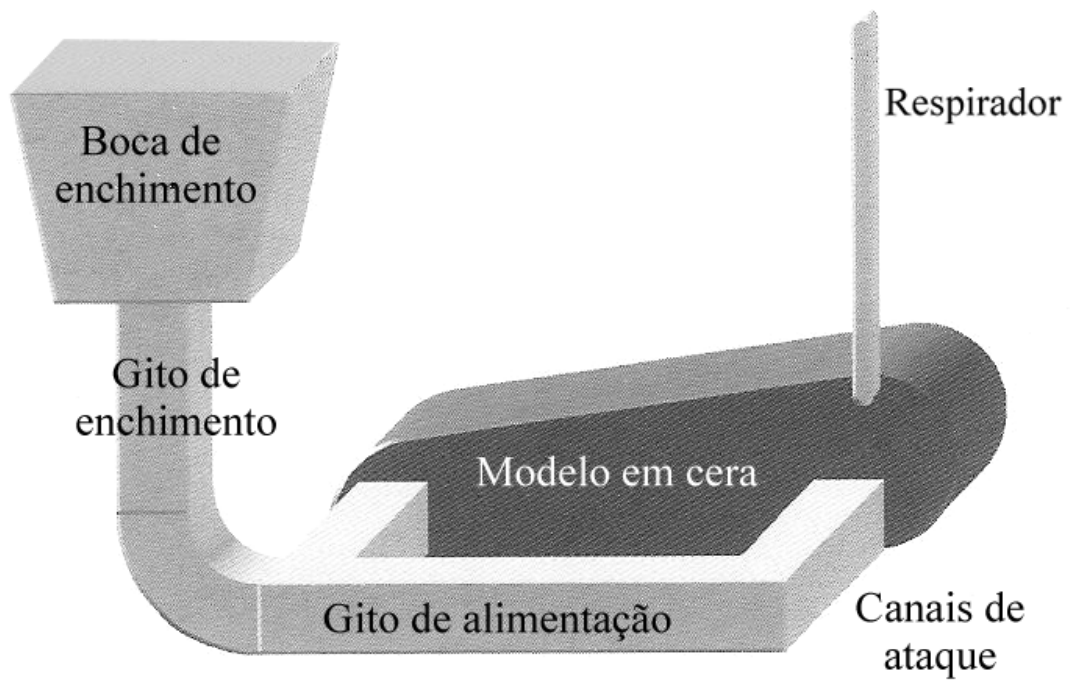
**Fig. 41** - Peça com coloração rosa, sinal de que já adquiriu a resistência desejada.



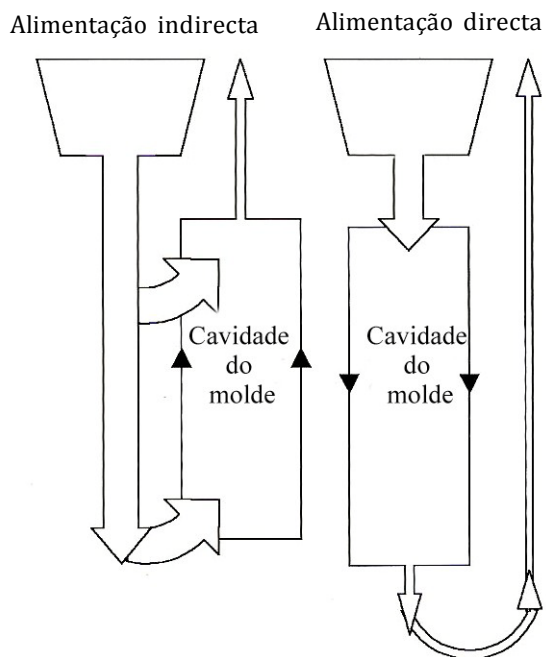
**Fig. 42** - Base de borracha.



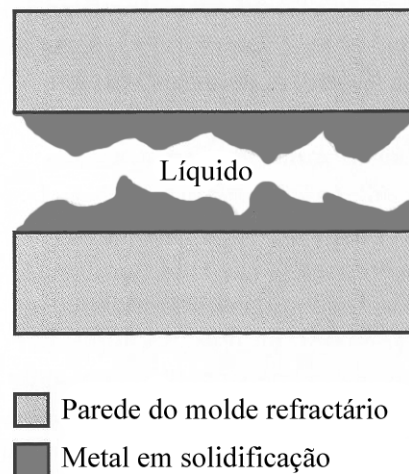
**Fig. 43** - Aplicação da cera.



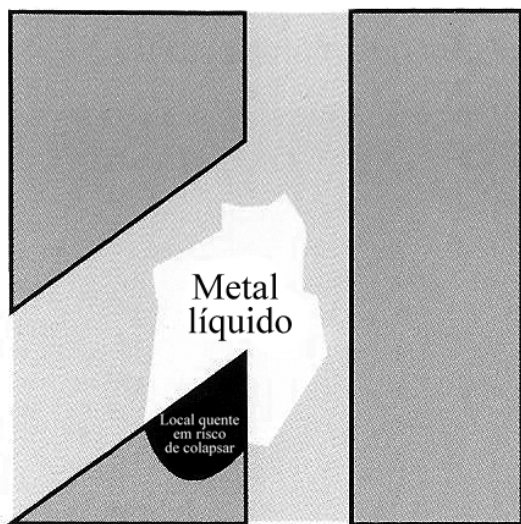
**Fig. 44** - Sistema de alimentação.



**Fig. 45** - Sistema de alimentação indirecta e directa.

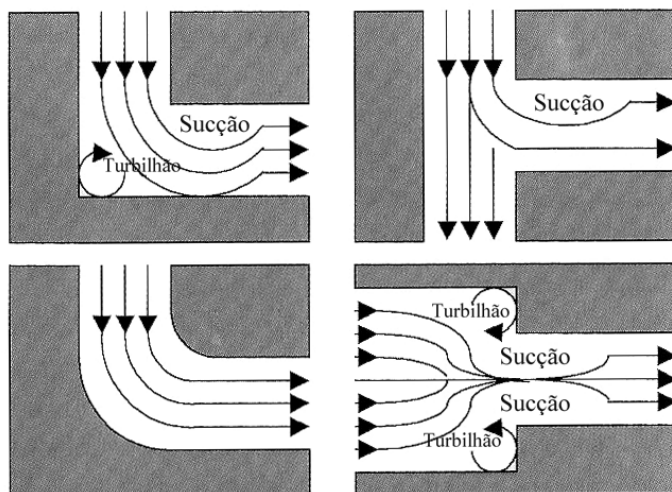


**Fig. 46** - Solidificação do metal.



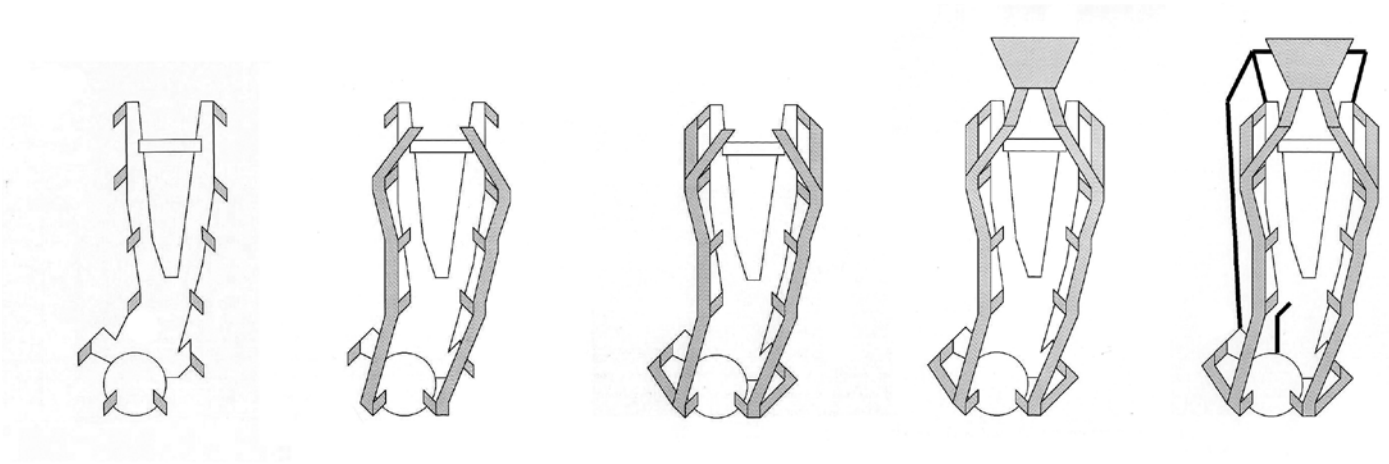
■ Paredes do molde refractário  
 ■ Metal em solidificação

**Fig. 47** - Zonas de maior fragilidade do molde.

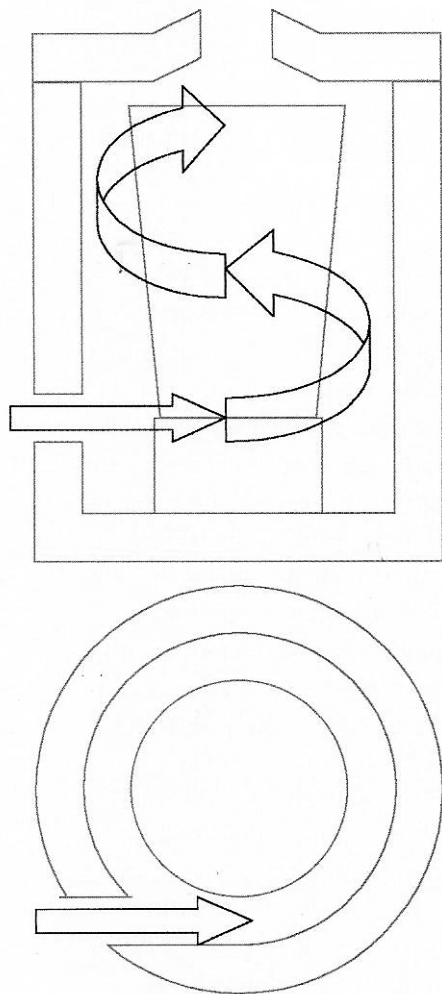


■ Paredes do molde  
 ■ Sistema de gitagem  
 → Fluxo do metal

**Fig. 48** - Circulação do metal fundido.



**Fig. 49** - Aplicação dos sistemas de ventilação e alimentação de modo indirecto.



**Fig. 50** - Colocação do queimador no forno para a fusão do metal.



A



D



B



E



C



F

**Fig. 51** - Construção de um pequeno forno.



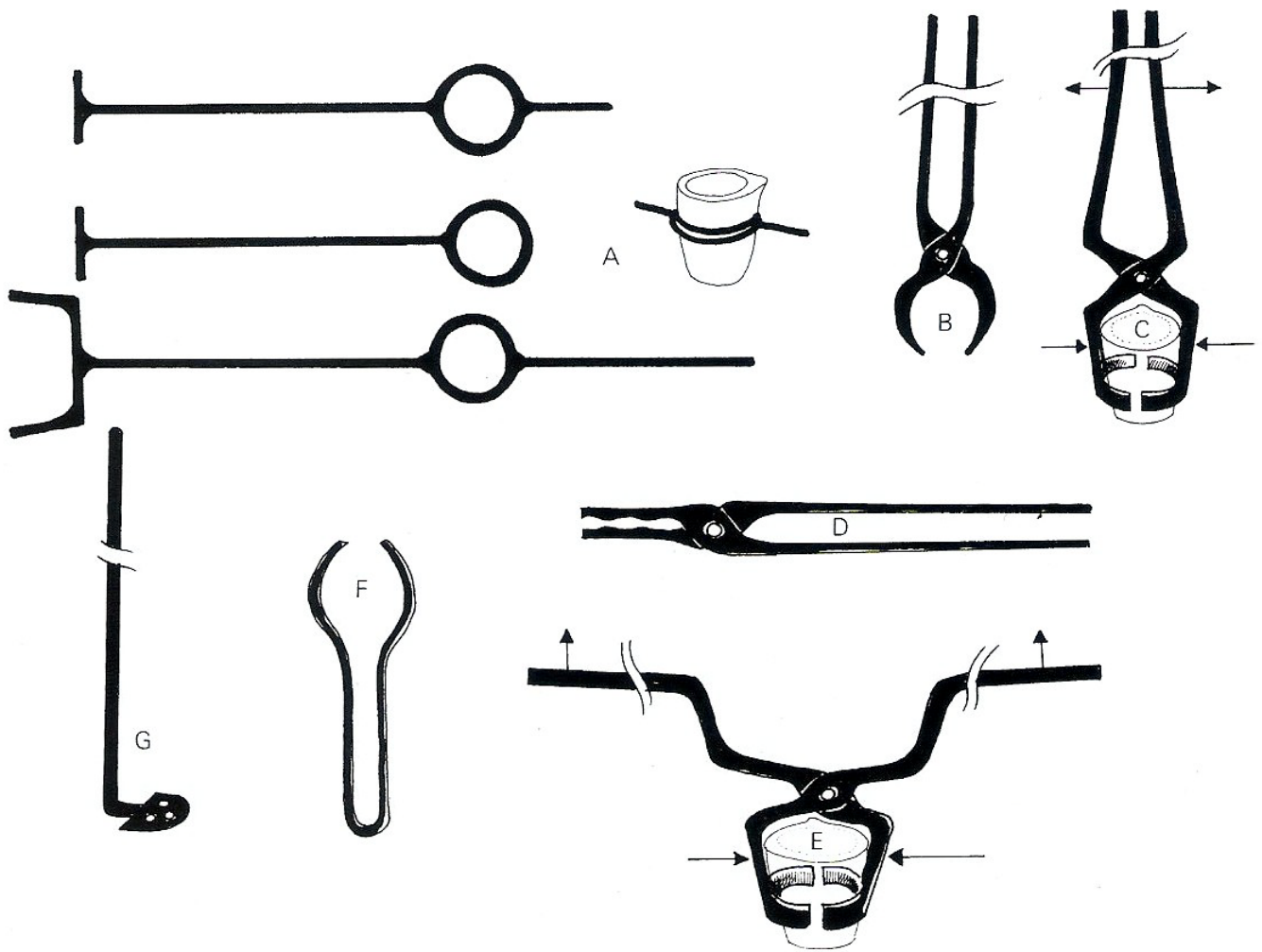
**Fig. 52** - Molde com cadinho integrado.



**Fig. 53** - Enchimento do molde com cadinho integrado.



**Fig. 54** - Entrada do metal na cavidade do molde.



- A) Vertedeira.  
 B) C) D) F) Diferentes tipo de tenazes para retirar o cadinho do forno.  
 E) Tenaz para retirar o cadinho do forno para duas pessoas.  
 G) Escumadeira.

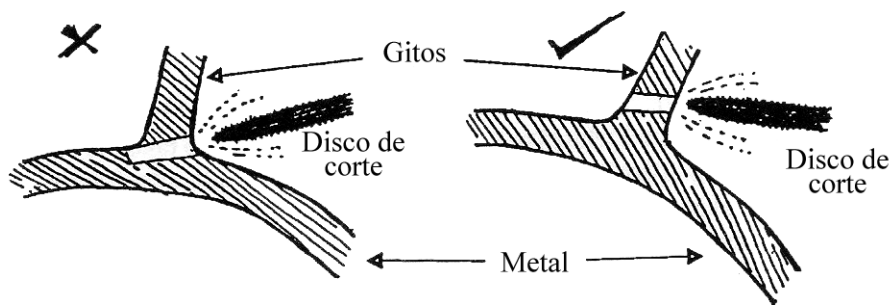
**Fig. 55** - Utensílios necessários para a fundição do metal.



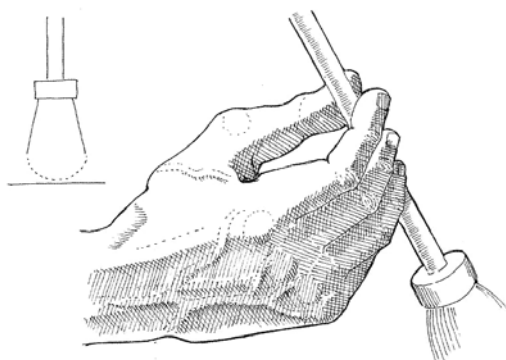
**Fig. 56** - Zona de fundição.



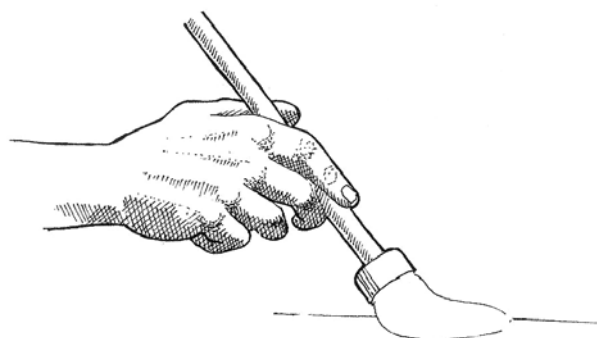
**Fig. 57** - Extração do cadinho com metal fundido do forno de fundição.



**Fig. 58 - Corte dos gitos**

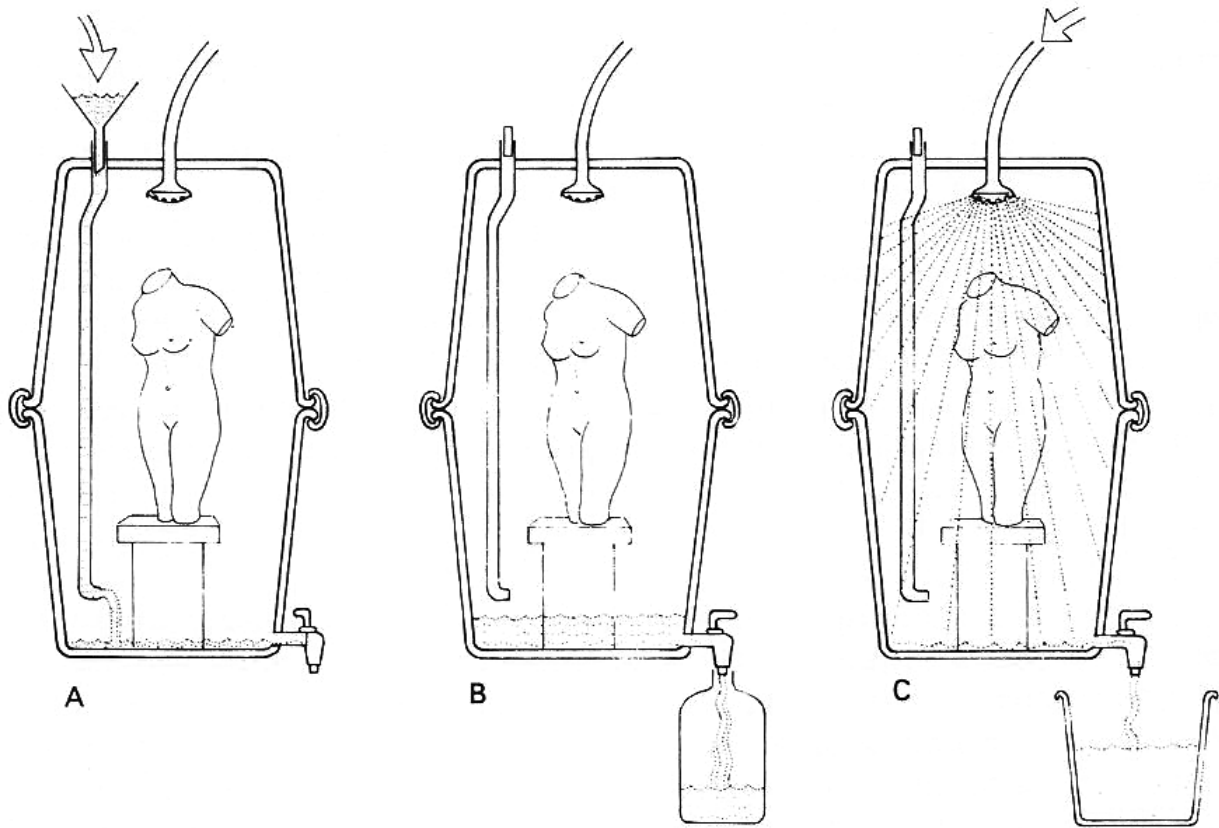


A



B

**Fig. 59 - Aplicação de patinas.**



**Fig. 60** - Aplicação de patinas pela exposição a vapores.

# **Anexo II**

## Anexo II



**Fig. 61** - Paolo Savelli, 1405.



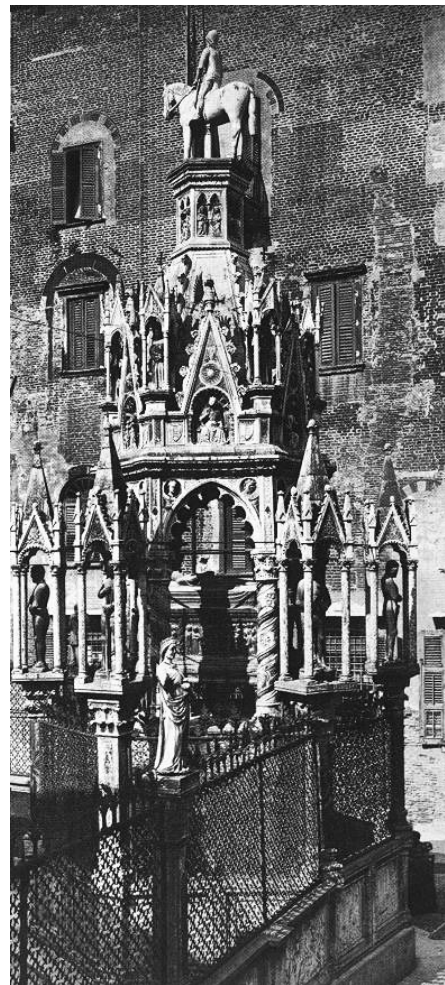
**Fig. 62** - *Condottiere Gattamelata*, 1451.



**Fig. 63** - *Marco Aurélio*, 166-180 a. C.



**Fig. 64** - *Cangrande I Della Scala*, 1329.



**Fig. 65** - *Cansignorio Della Scala*, 1277.



**Fig. 66** - *Perseus*, 1545-54.



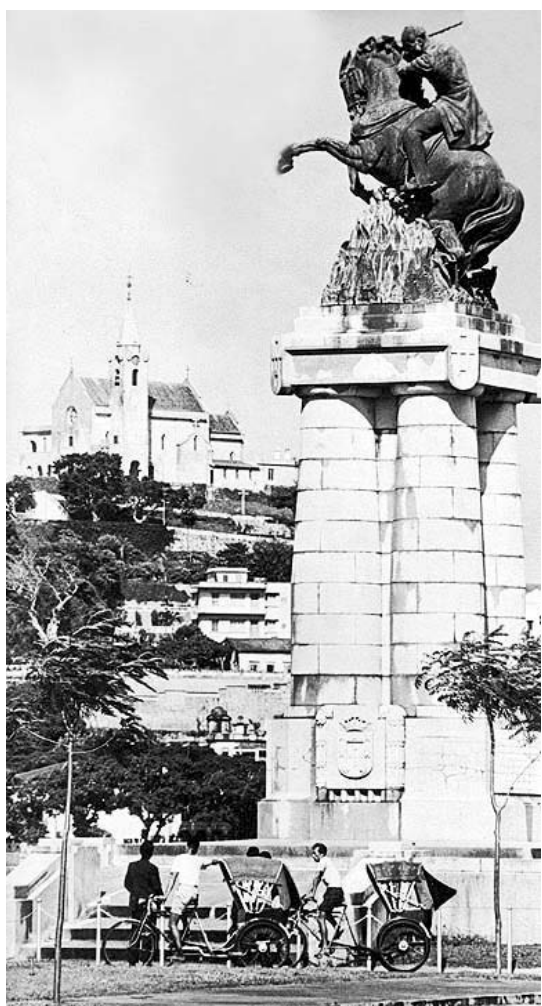
**Fig. 67** - Desenho de Durer de um cavalo dentro do rectângulo da "secção de ouro".



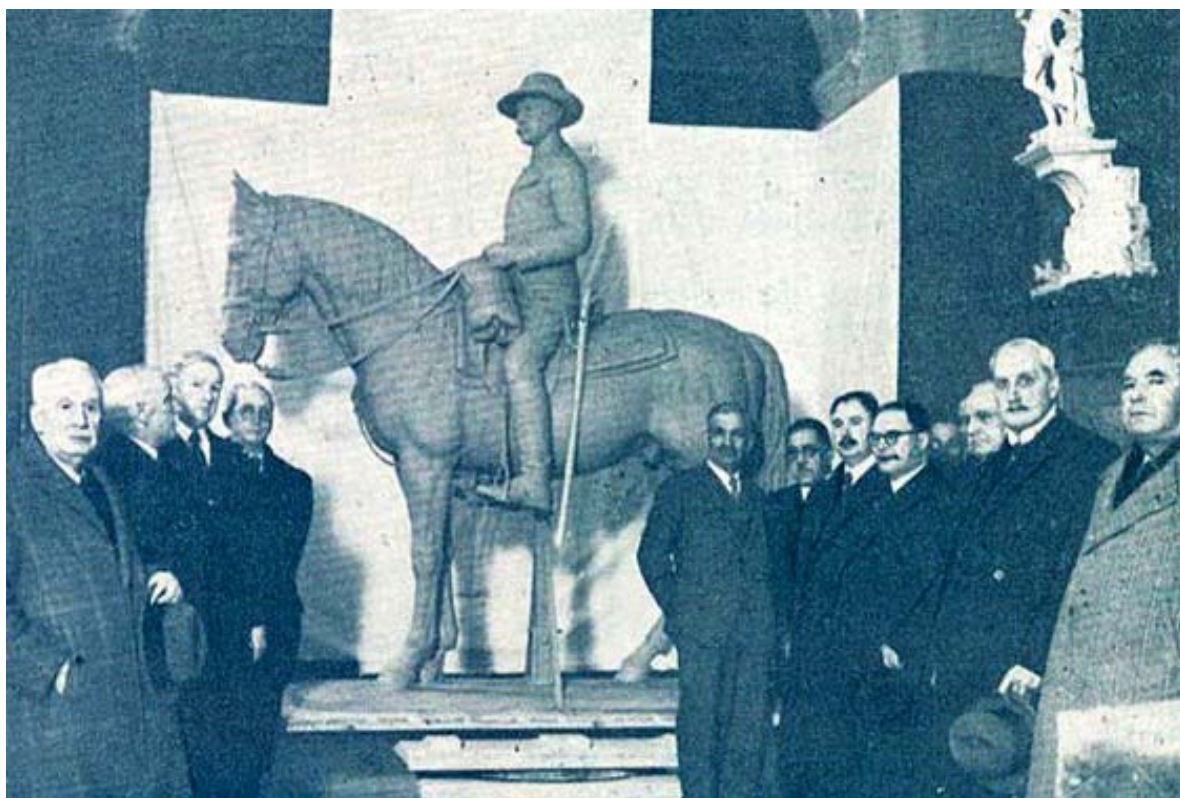
**Fig. 68** - *D. José I, 1772-75.*



**Fig. 69** - *D. Pedro IV, 1886.*



**Fig. 70** - *Ferreira do Amaral, 1940.*



**Fig. 71** - Srs. Ministros das Colónias e da Educação Nacional com outras individualidades, visitando a estátua de Mousinho de Albuquerque.



**Fig. 72** - Mousinho de Albuquerque, 1940.



**Fig. 73** - *D. João IV*, 1940-43.



**Fig. 74** - *Cavalos Marinhos*, 1940.



**Fig. 75** - *Tejo*, 1950-59.



**Fig. 76** - Retrato de Joaquim Machado de Castro, desenho de Máximo Paulino dos Reis, 1798.



**Fig. 77** - Estátua Equestre de D. José I (perfil). Desenho assinado por Eugénio dos Santos.



**Fig. 78** - Obelisco Aquático, 1745.



Fig. 79 - Segundo modelo para a estátua equestre.

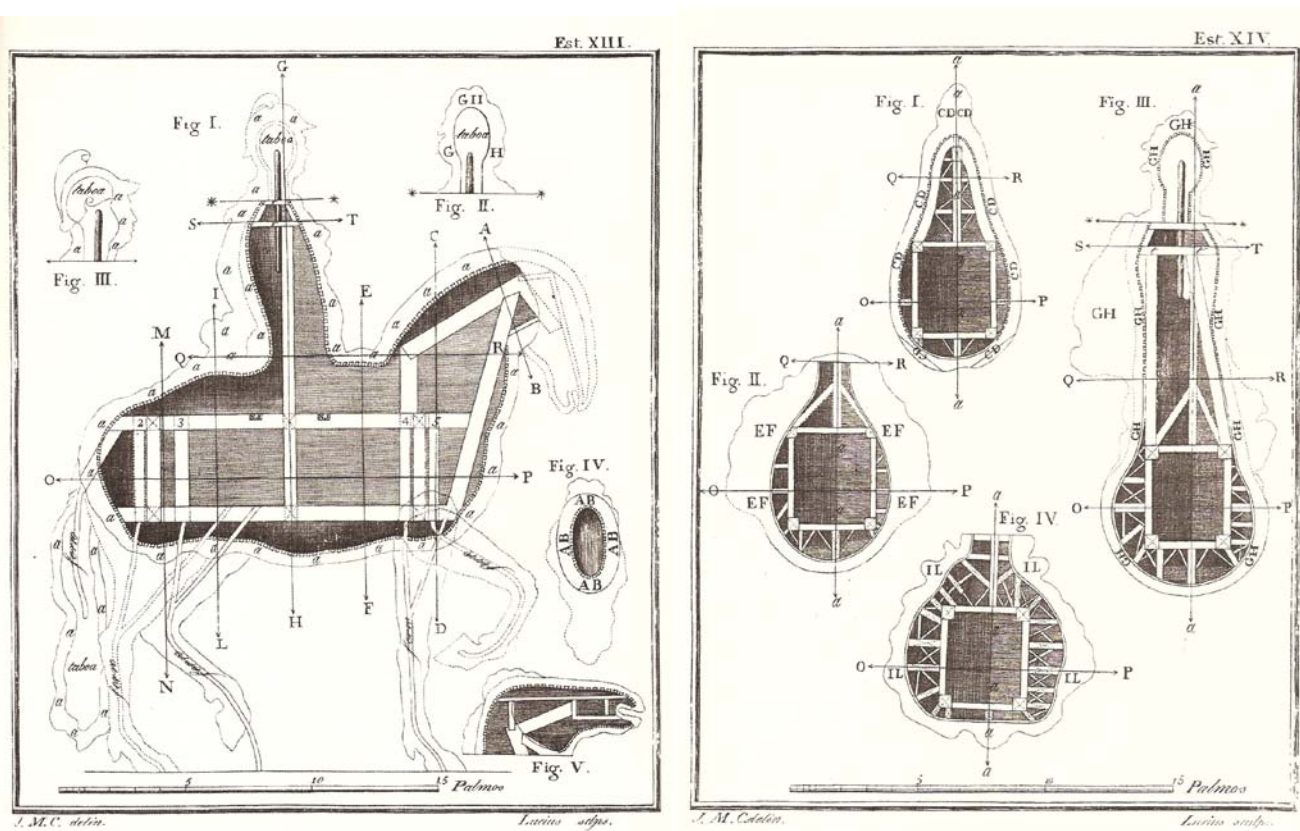


Fig. 80 - Estudos de Machado de Castro para a estrutura interna da estátua equestre.



**BARTHOLOMEU DA COSTA**

Nasceu no Ede Nov. de 1731 Faleceu a 7 de Junho de 1801.

*Cav. da Ordem de Christo, Fidalgo da casa de SM, Tenente General dos Seus exercitos, Superintendente das minas de ferro e carvão de pedra deste reino, Intend. geral das fundições de Artelharía e laboratorios dos instrumentos bellicos, encarregado do gov. do Ars. Real do Exercito.*

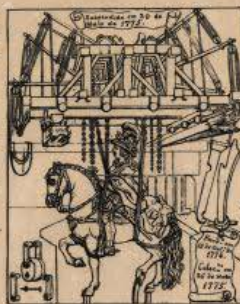
A fundição dum só jacto da colossal Estatua do Snr Rei D Joze I fez epocha na perfeição de taes obras.

Tem de pezo 500 quintaes que com 100 da armação fazem o total de 600 quintaes.

A sua altura é de 31½ palmos portuguezes.

Empregaram-se para esta fundição 656 quintaes e 2 arrobas de metal os quaes foram derretidos no forno de fundir artelharía em 28 horas.

M.E.L. 1801.



A forma encheo-se no espaço de 7 minutos e 53 segundos.

Ao Ex. Snr Bartholomeu da Costa coube a gloria de dirigir esta obra Nacional, presidiu a toda a fundição, e no curto espaço de 50 dias concebeu, e fez construir, a maquina que mostra a estampa, por meio da qual tirou da cova, suspendeu a Estatua, e a collocou no carro de transporte: empregando apenas doze homens nesta deslocação.



# **Anexo III**

## Anexo III

### Receitas de ceras

#### Receita 1

Resina de Borgonha	1g
Cera de abelha	10g
Banha de porco	1g
Terebentina	1g

#### Receita 2

Resina de Borgonha	2g
Cera de abelha	16g
Banha de porco	1g

(A banha pode ser substituída por cebo)

#### Receita 3

Cera de abelha	100 partes
Parafina	100 partes
druggist's lead plaster <sup>1 2</sup>	50 partes
Vaselina	50 partes
Manteiga de cacau	25 partes
Lonolina <sup>3</sup>	10 partes

---

<sup>1</sup> Após investigação, não foi possível determinar a correcta tradução para *druggist's lead plaster*, optando assim por manter a expressão em inglês.

<sup>2</sup> *druggist's lead plaster*: Monóxido de cumbo -1000 g; Azeite -1000g; Banha de porco -1000g; Água a ferver em quantidade suficiente.

<sup>3</sup> **Lonolina**: produto obtido a partir da cera de lã bruta gerada com sub-produtos do processo textil.

**Receita 4** - Cera dura e densa, adequado para um pequeno trabalho

Cera de abelha	16 partes
Ácido oléico <sup>4</sup>	1 parte

**Receita 5** - Cera suave e mais fácil de moldar que a receita 4

Cera de abelha	16 partes
Parafina	16 partes
Lonolina	1 parte
Ácido oléico	1 parte
Terebentina de veneza	1 parte

**Receita 6**

Cera de abelha	24 partes
Sebo	7 partes
Ceresina	16 partes
Parafina	8 partes
Ácido oléico	5 partes

**Receita 7** - Mistura simples que se pode trabalhar com ambientes quentes

Cera de abelha	1 parte
Parafina	1 parte
Resina de éster	1 parte

**Receita 8** - Cera básica para modelação

Ceresina	1 parte
Cera de abelha	1 parte

---

<sup>4</sup> Trad. *lead oleate*, RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988, p.160.

**Receita 9 - Cera adesiva**

Resina	3 partes
Cera microcristalina	1 parte

**Receita 10 - Cera Romana**

Parafina	2 partes
Microcristalina	2 partes
Resina	1 parte

**Receita 11**

Cera de abelha	2 partes
Resina	1 parte

**Receita 12**

Parafina	3 partes
Resina	2 partes
Vaselina	0,5 - 1 parte

**Receita 13**

Parafina	12 partes
Resina	3 partes
Polietileno	1 parte

**Receita 14 - Ceras para se trabalhar em estado líquido**

Cera de abelha	1 parte
Parafina	1 parte
Ceresina	1 parte

# **Anexo IV**

## Anexo IV

Nas patinas, a experimentação é o caminho mais viável para a obtenção das colorações desejadas. É um processo com bastantes variantes, impossibilitando um resultado objectivo e seguro.

Seguidamente, serão apresentados alguns químicos, e soluções, que permitirão múltiplas receitas.

**Sulfato de amónio** - Pode ser utilizado como base, criando preto, cinza ou castanho.

**Sulfureto de potássio**

**Nitrato de cobre** - Pode ser utilizado como base, gerando verdes, sendo possível a aplicação a quente ou a frio.

**Mistura verde** –

1º Variante	2º Variante
3 partes de nitrato de cobre	1/2 parte de acetato de cobre
1 parte de carbonato de cobre	água

As diferentes quantidades de água fará a solução mais ou menos fortes, tendo como resultado diferentes tipos de verdes.

**Mistura azul** - Nitrato de ferro e Ferricianeto de potássio. A mistura deve ser bem mexida, para prevenir depósitos.

**Nitrato de ferro** - Pode ser utilizado como base ou como última camada, sendo que diferentes intensidade e temperaturas, fará obter diferentes colorações, como castanhos, dourados, amarelos e vermelhos.

**Nitrato de bismuto** - É um químico difícil de controlar e por vezes é acrescentado bióxido de titânio e uma pequena quantidade de ácido nítrico, o que torna o químico

mais aderente, criando uma coloração de tons pastel. Com a mistura de pequenas quantidades de óxido de ferro vermelho será possível a obtenção de uma patina cor-de-rosa.

**Ferricianeto de potássio** - Pode criar uma coloração azul, quando misturada com uma solução de nitrato de ferro. Quando se dá a ausência de oxigénio, aquecendo toda a superfície a uma temperatura uniforme e depois aplicando a solução rapidamente, o azul transforma-se em rosa-alaranjado.

**Tiosulfato de sódio** - Pequenas quantidades deste químico ajuda a estabilizar as reacções químicas no bronze, devendo ser aplicado em pequenas camadas.

#### **Receita 1** - Verde limão

É aplicado uma camada de mistura verde directamente no bronze. Seguidamente é sobreposta uma camadas a quente de nitrato de ferro (médio) misturado com o verde. No final pode ser aplicada a cera.

#### **Receita 2** - Verde escuro

Aplicar uma base de mistura verde, posteriormente, granir com nitrato de ferro (fraco), seguido de um granido com sulfato de potássio (médio), usando um pincel fino quase seco. No final aplicar cera.

#### **Receita 3** - Marmoreado de castanho escuro

Aplicar uma base de nitrato de ferro (médio), seguida de uma camada de mistura verde com nitrato de cobre (médio ou fraco) através da técnica do marmoreado. Criar manchas mosqueadas com sulfato de amónio (médio e fraco) e nitrato de ferro (médio) alternadamente. Finalizando com a aplicação de cera a frio.

**Receita 4 - Rosa árido**

Aplicar uma base de nitrato de bismuto. Sobrepor uma camada com uma mistura rosa, que consiste em óxido de ferro vermelho e nitrato de bismuto, com a técnica do granido. Quando a superfície estiver fria deve ser protegida com cera.

**Receita 5 - Vermelho**

Aplicar em toda a peça uma mistura de óxido de ferro vermelho e nitrato de ferro. A solução deve ser bem mexida, para que não crie depósito. Finalizar com a aplicação da cera.

**Receita 6 - Preto**

Aplicar uma base de nitrato de ferro (médio) a frio, evitando a formação de depósitos. A superfície deve secar com a aplicação de calor. Quando esta estiver seca e morna, deve ser empregue sulfato de amónio (forte), devendo ser aquecido para que seque. Seguidamente, deve ser sobreposta uma camada de nitrato de ferro (médio) e finalmente uma camada de sulfato de amónio (forte). Aplicar cera a frio.

**Receita 7 - Branco**

Aplicar uma base fina de nitrato de bismuto, concluindo com uma camada de cera.

**Receita 8 - Turquesa**

Aplicar uma base de sulfato de amónio. Seguida por uma camada da mistura verde com nitrato de cobre (médio). Quando estiver opaco, sobrepor uma camada de nitrato de bismuto (fraco), seguida da mistura azul (médio/fraco). Aplicar cera a frio.

**Receita 9 - Azul**

Aplicar uma base com a mistura verde, sobrepondo uma camada da mistura azul (forte). Finalizar com o emprego de cera.

**Receita 10** - Verde em fundo castanho

É feita uma pasta com nitrato de cobre (30 g), cloreto de zinco (30 g) e água, suficiente para criar uma pasta uniforme. A mistura deve ser feita com o auxílio de uma almofariz, devendo a água ser adicionada gradualmente. A pasta deve ser empregue na peça com um pincel e deixada a secar durante 3 a 4 horas. Posteriormente, a peça deve ser lavada delicadamente com água corrente, ficando a secar durante vários dias. No final poderá ser aplicada cera.

**Receita 11** - Azul pálido e verde

A peça deve ser imersa numa solução a ferver que consiste em: carbonato de amónio (180 g); sulfato de cobre (60 g); acetato de cobre (20 g); ácido oxálico (1,5 g); cloreto de amónio (0,5 g); e ácido acético (1 l). O objecto deve permanecer na solução a ferver durante 25 minutos. Acabado este período, esta é retirada e deixada a secar durante algumas horas, sem ser lavada. No final deve ser aplicada a cera.

**Receita 12** - Castanho escuro / Preto

É preparada uma solução de nitrato de ferro (50 g), tiosulfato de sódio (6 g) e água (1 l) para aplicar na peça, devendo esta ser feita a quente. Após atingir a coloração desejada, deve ser protegida com cera.

**Receita 13** - Azul petróleo

É feita uma pasta com carbonato de amónio (24 g), tartarato de potássio (6 g), cloreto de sódio (6 g), sulfato de cobre (6 g) e ácido acético, suficiente para criar uma pasta homogénea. Todos os componentes devem ser misturados com o auxílio de um almofariz. A pasta deve ser aplicada com um pincel mole, devendo secar durante vários dias. Quando esta estiver completamente seca deve ser limpa, gentilmente, com uma escola e em seguida com um pano macio. Para finalizar deve ser aplicada cera.

# **Anexo V**

## **Anexo IV**

### **Entrevista – 1**

Rui Palma, **Mão de Fogo**, [via e-mail], 16 de Outubro de 2011.

#### **Quais os processos de fundição utilizados? E deste quando?**

Utilizamos o processo de fundição por cera perdida desde o ano de 2000.

#### **As peças fundidas são essencialmente de escultores / artistas?**

Sim.

#### **Que tipos de formatos são mais usuais?**

O que quer dizer com formatos? Tipo de Escultura figurativa ou contemporânea.

Fundimos todos os formatos, desde o figurativo ao abstracto. Não lhe sei dizer se até hoje fundi mais peças figurativas ou contemporâneas.

#### **Quais os metais com que trabalham, quais os mais utilizados e porquê?**

Os materiais com que trabalho são o bronze e o alumínio. O mais utilizado é o bronze

#### **Quanto tempo leva, em média, uma fundição e quantas pessoas estão envolvidas em todo o processo?**

A janela temporal para uma fundição em cera perdida é de 6 a 8 semanas independentemente do tamanho das esculturas. O prazo de execução das esculturas depende mais do processo e das várias etapas para a sua execução do que da quantidade de pessoas que estão envolvidas na sua execução.

O processo tanto pode ser feito por uma única pessoa do princípio ao fim, como se pode ter uma equipa de pessoas, cada uma com responsabilidades em cada uma das fases.

**As peças a fundir já vêm à escala real ou ainda têm de ser aumentadas?**

No meu caso já vêm à escala real. Quando é preciso ampliar contrata-se colaboradores externos.

**Em que material vêm as peças entregues pelos clientes?**

Vários, desde gesso, barro, pedra, tecidos e até uma vez: peixe espada cru.

**Algumas peças são previamente realizadas, pelo artista, em cera?**

Muito raramente. Tentei importar essa técnica que é bastante utilizada nas fundições de Madrid, mas sem sucesso.

**Caso trabalhem com cera, qual o tipo utilizado?**

Nós sempre fizemos a nossa própria cera a partir de uma mistura de cera microcristalina com parafina.

**O cliente interfere no processo? Se sim, em que momento?**

Depende de cliente para cliente. Existem clientes que durante estes dez anos nunca visitaram a fundição. Outros vêm retocar as ceras antes da fundição, outros gostam eles de fazer o acabamento e outros ainda só acompanham e dão opinião aquando da realização das patines.

**Que tipo de patinas são mais utilizadas?**

As patines mais utilizadas são o verde clássico. De há uns anos para cá temos realizado mais patines pretas.

**Possuem grande variedade cromática nas patinas?**

Não muito. Entre verdes, castanhos e pretos. O escultor português não gosta muito de fugir às patines clássicas.

**Existe grande procura, por parte dos artistas, para fundir as suas peças?**

Sim. Apesar de agora menos com a crise e com a mudança de hábitos dos colecionadores na compra de esculturas.

**É fácil a subsistência por parte de uma fundição apenas com as encomendas dos**

**artistas?**

Fácil não é, mas são a única fonte de encomendas para uma fundição artística.

**É uma área que está estagnada ou que se tem desenvolvido?**

Neste momento está estagnada.

**A fundição é considerada por muitos uma tecnologia cara, a que se deve este juízo? Terá a ver com a pouca oferta em Portugal e com a grande concorrência espanhola?**

A fundição é uma tecnologia cara porque tem uma grande componente de materiais e de mão de obra envolvida no processo. Só na minha fundição que é pequena utilizo para cima de 20 referências de matérias-primas, fora os custos das instalações, administrativos e com o pessoal. A fundição tem que ser “Cara” porque é um processo caro de executar, principalmente se for feita pelo processo de cera perdida. Já no processo de fundição em areia os custos são menores bem como os prazos de execução, mas mesmo assim os custos envolvidos são grandes.

Os meus orçamentos sempre foram baseados no custo efectivo de fundição e não no facto de não existir concorrência. Até porque sempre tive muita concorrência à minha volta. Madrid fica a pouco menos de 5 horas de Lisboa por estrada e no porto existem 3 fundições que utilizam um processo de fundição bastante mais em conta do que o processo por mim utilizado.

**Terão os espanhóis maior capacidade tecnológica que os portugueses?**

Das fundições que conheço em Madrid: Não. A fundição na qual estou a trabalhar agora: sim. Aqui temos uma grande capacidade tecnológica tendo-se investido grandemente nestes últimos dez anos em tecnologia.

A qualidade da fundição não passa maiormente pela sua capacidade tecnológica, mas sim pela qualidade e conhecimentos dos seus colaboradores.

Conheço fundições em Madrid instaladas em piores condições do que as minhas em Montemor-o-Novo e que mesmo assim têm grande qualidade no seu trabalho.

Aqui na AlfaArte, por exemplo, têm umas instalações de luxo, mas mesmo assim tiveram necessidade de me convidar a mim e aos elementos da minha equipa

que trabalhou em Montemor-o-Novo, para virmos trabalhar durante uns tempo para Bilbao porque neste momento estão com falta de pessoas que tenham conhecimentos em fundição artística.

## **Entrevista – 2**

**Casa da Moeda**, Lisboa, 15 de Julho de 2011.

Director de Unidade Paulo Leitão (PL)  
Engenheiro Paulo Alexandrino (PA)  
Fundidor Sr. Artur (SA)

PL: Nós fazemos fundições até um palmo, tudo de pequenas dimensões.

Temos lá dentro duas áreas que estão separadas, a zona de fundição está separada da zona de acabamentos.

Temos um mostruário com o tipo de peças que fazemos aqui, onde pode ver as dimensões e como é que funcionamos.

PA: (junto ao mostruário) Aqui são peças fundidas, com o nosso método da “cascarilha”

SA: É um gesso que nós usamos, que é o refractário, que leva várias camadas, umas 5 camadas...

PA: Mas antes partimos de uma peça original, fazemos o molde...

SA: Sim, partimos de um modelo, onde fazemos o molde em silicone para fazermos o vazamento das ceras. Só depois de estar isto tudo bem apurado é que passamos para outra fase, que é a fase dos revestimentos das Molochites, que é o tal refractário, que depois se prepara para ficar em condições para fazer o vazamento. Quando tiver as camadas todas, a cera é retirada e os moldes ficam ociosos, depois é só vazar o metal lá para dentro.

Os moldes levam uma determinada temperatura, levam 3h - 4h a uma temperatura de

600°C para retirar a cera. Só depois é que as peças são fundidas.

A cera que usamos é parafina misturada com cera virgem, em quantidades iguais.

### **Os autores trazem já as peças em cera ou em gesso?**

sA: Não, trazem em gesso.

PA: Gesso ou outro material.

Houve um desenvolvimento muito grande na área das fundições, foi necessário melhorar as técnicas que eram usadas cá, em que houve um aumento na qualidade das peças. Começou-se a trabalhar com uma empresa espanhola, onde a ideia era fazermos a produção praticamente toda em Espanha, no entanto, as pessoas, aos poucos e poucos, foram conseguindo adquirir as competências e desenvolver aqui dentro um trabalho com qualidade. A parte da produção, ou grande parte da produção que ia ser feita em Espanha, passou a ser feita aqui porque já tínhamos atingido um patamar de qualidade das peças em que não era perceptível qualquer diferença entre as peças feitas em Espanha ou feitas cá.

### **A técnica utilizada é relativamente recente? Não utilizavam o chamote?**

SA: Sempre usamos esta.

PA: Esta técnica foi aqui introduzida através de uns contactos com o antigo INETI, que agora se chama LNEG, em que tiveram duas pessoas de cá a desenvolver competências, a conhecer a técnica e depois trouxeram para cá este método, mas sempre para peças de dimensões pequenas. Também não temos possibilidades de fazer peças maiores.

Também temos a hipótese da centrifugação, mas para outro tipo de peças.

### **Que tipo de metais são utilizados?**

SA: É bronze e prata, são os únicos metais que nós usamos.

PA: Infelizmente as fundições que fazemos são cada vez mais raras, porque este tipo de peças, independentemente de serem objectos artísticos ou medalhas, cada vez a produção é mais reduzida anualmente. Fazemos uma a duas emissões actualmente, e onde a aplicação da técnica depende muito do artista, e a fundição acaba sempre por ser mais cara. Nós, como fazemos tão poucas peças, hoje em dia, não pode ser

rentável, é impossível. Continuamos a fazer por tradição, a casa da moeda continua a fazer fundição para tentar manter a técnica viva. Pela parte económica, nada disto se fazia.

### **Há pouca produção?**

PA: Sim, sim.

Tirando a área da ourivesaria, fazemos qualquer tipo de trabalho. O artista que queira fazer peças aqui connosco só tem que fazer o contacto com a área das vendas, é apresentado um orçamento e depois é aceite ou não pelo artista.

## 8 - Créditos

### Anexo I

**Fig. 1** - ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**. Poole : Special Interest Model Books, 1988. p. 34.

**Fig. 2** - ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**. Poole : Special Interest Model Books, 1988. p. 36.

**Fig. 3** - ASPIN, B. Terry - **Foundrywork for the Amateur**. Poole : Special Interest Model Books, 1988. p. 37.

**Fig. 4** - ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry**. Poole : Special Interest Model Books, 2006. p. 4.

**Fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12** - ASPIN, B. Terry - **The Backyard Foundry**. Poole : Special Interest Model Books, 2006. pp. 4-11.

**Fig. 13** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 74.

**Fig. 14** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 75.

**Fig. 15** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 94.

**Fig. 16, 17** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 91.

**Fig. 18** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal.**  
Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 90.

**Fig. 19** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal.**  
Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 111.

**Fig. 20** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal.**  
Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 106.

**Fig. 21 (A,B,C), 22** - Fotografia do autor.

**Fig. 23** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting.** London : Robert Hale, 2003. p. 178.

**Fig. 24, 25, 26, 27, 28, 29** - Fotografia do autor.

**Fig. 30 (A, B)** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting.** London : Robert Hale, 2003, p. 218.

**Fig. 31** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting.** London : Robert Hale, 2003, p. 229.

**Fig. 32** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting.** London : Robert Hale, 2003. p. 227.

**Fig. 33, 34, 35** - Fotografia do autor.

**Fig. 36, 37** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting.** London : Robert Hale, 2003. p. 186.

**Fig. 38** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003, p. 222.

**Fig. 39, 40, 41** - Fotografia do autor.

**Fig. 42** - SIAS, Fred R. - **Lost-Wax Casting**. South Carolina : Woodsmere Press, 2005, p. 12.

**Fig. 43** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 142.

**Fig. 44** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 162.

**Fig. 45** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 163.

**Fig. 46** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 166

**Fig. 47** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 167.

**Fig. 48** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 165.

**Fig. 49** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 171-174.

**Fig. 50** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 233.

**Fig. 51** - DUHAMEL, Olivier O. - **Bronze Casting Manual**. New Zealand : [s.n.], 2010. pp. 53,54

**Fig. 52, 53, 54** - Fotografia do autor.

**Fig. 55** - MILLS, John - **Encyclopedia of Sculpture Techniques**. London : Batsford, 2005, p. 70.

**Fig. 56** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 245.

**Fig. 57** - Fotografia do autor.

**Fig. 58** - HURST, Steve - **Metal Casting**. Warwickshire : ITDG Publishing, 1996, p. 151.

**Fig. 59** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 265.

**Fig. 60** - HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guptill Publications, 1991, p. 38.

## **Anexo II**

**Fig. 61** - [http://www.settemuse.it/arte\\_bio\\_D/della\\_quercia\\_jacopo.htm](http://www.settemuse.it/arte_bio_D/della_quercia_jacopo.htm) [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 62** - <http://www.scultura-italiana.com/Approfondimenti/Gattamelata.htm>

**Fig. 63** - <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rome-MuseeCapitole-ConstantinSurCheval.jpg> [em linha] [3 de Novembro de 2011].

**Fig. 64** -

[http://www.lapafamily.com/gallery/index.php/album\\_012/album\\_002/Equestrian-statue-of-Cangrande-I-Della-Scala](http://www.lapafamily.com/gallery/index.php/album_012/album_002/Equestrian-statue-of-Cangrande-I-Della-Scala) [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 65** - [http://www.shafe.co.uk/art/Verona-\\_monument\\_to\\_Cansignorio\\_della\\_Scala-\\_by\\_Bonino\\_da\\_Campione-\\_c-\\_1375.asp](http://www.shafe.co.uk/art/Verona-_monument_to_Cansignorio_della_Scala-_by_Bonino_da_Campione-_c-_1375.asp) [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 66** - [http://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:Benvenuto\\_Cellini%27s\\_Perseus.jpg](http://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:Benvenuto_Cellini%27s_Perseus.jpg) [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 67** - SILVA, João da – **O «Cânon» das Estatuas Equestres**. Lisboa : ed. Seara Nova, 1941, p. 27.

**Fig. 68** - <http://www.visualartsportugal.com/escultura-portuguesa/seculo-xviii/joaquim-machado-de-castro>. [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 69** - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Pra%C3%A7a\\_da\\_Liberdade\\_%28Porto%29](http://pt.wikipedia.org/wiki/Pra%C3%A7a_da_Liberdade_%28Porto%29) [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 70** - <http://cronicasmacaenses.wordpress.com/tag/estatua-governador-ferreira-do-amaral/>. [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 71** - <http://delagoabayworld.wordpress.com/category/historia/mouzinho-de-albuquerque/> [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 72** - <http://delagoabayworld.wordpress.com/category/lugares/page/2/> [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 73** - [http://www.infopedia.pt/\\$d.-joao-iv-vila-vicosa](http://www.infopedia.pt/$d.-joao-iv-vila-vicosa) [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 74** - <http://www.panoramio.com/photo/21989937> [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 75** - <http://www.flickr.com/photos/viniciuskiko/page5/> [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 76** - CASTRO, Machado de Castro – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I.** Lisboa : Academia Nacional de Belas Artes, 1975, foto. 1.

**Fig. 77** - CASTRO, Machado de Castro – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I.** Lisboa : Academia Nacional de Belas Artes, 1975, foto. 4.

**Fig. 78** -

<http://www.lisboapatrimoniocultural.pt/artepublica/eescultura/pecas/Paginas/Obelisco-Aquatico.aspx> [em linha] [5 de novembro de 2011].

**Fig. 79** - RIBEIRO, Luciano – **Machado de Castro e a Estátua Eqüestre.** Lisboa : Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa, 1939, pp. 10-11.

**Fig. 80 (A, B)** - CASTRO, Machado de Castro – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I.** Lisboa : Academia Nacional de Belas Artes, 1975, Est. XIII, XIV.

**Fig. 81** - M.E.L., fl. 1842 - **Bartolomeu da Costa**. [Visual Gráfico], [S.L.: s. n.], 1842 (Biblioteca Nacional).

**Fig. 82** - CASTRO, Machado de Castro – **Descrição Analytica da Execução da Real Estátua Equestre do Senhor Rei Fidelissimo D. José I**. Lisboa : Academia Nacional de Belas Artes, 1975, foto. 14.

**Fig. 83** - MELLO, José Brandão Pereira de – **O Tenente-General Bartolomeu da Costa - Artilheiro ilustre e Engenheiro- Fundidor da Estátua Equestre**. Lisboa : Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa, 1939, pp. 16-17.

### **Anexo III**

**Receita 1, 2** - RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988, p.53.

**Receita 3** - RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988, p.159.

**Receita 4, 5, 6, 7** - RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988, p.160.

**Receita 8, 9** - ROME, Richard; YOUNG, Hamish - **Fine Art Metal Casting**. London : Robert Hale, 2003. p. 141.

**Receitas 10, 11, 12, 13** - HURST, Steve - **Metal Casting**. Warwickshire : ITDG Publishing, 1996. p.64

**Receita 14** - RICH, Jack C. - **The Materials and Methods of Sculpture**. New York : Dover, 1988, p.160.

## **Anexo IV**

**Receita 1** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 267.

**Receita 2, 3** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 273.

**Receita 4** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 275.

**Receita 5** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 280.

**Receita 6** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 283.

**Receita 7** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 288.

**Receita 8** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 292.

**Receita 9** - HURST, Steve - **Bronze Sculpture Casting & Patination : mud fire metal**. Atglen : Schiffer Publishing Ltd., 2005, p. 295.

**Receita 10** - HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guptill Publications, 1991, p. 96.

**Receita 11** - HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guptill Publications, 1991, p. 97.

**Receita 12** - HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guptill Publications, 1991, p. 87.

**Receita 13** - HUGHES, Richard ; ROWE, Michael - **The Colouring, Bronzing and Patination of Metals**. New York : Watson-Guptill Publications, 1991, p. 97.