



## PONTES EM ARCO DE ALVENARIA: PASSADO E DESAFIOS ACTUAIS

Daniel V. Oliveira, Prof. Auxiliar, ISISE, DEC-UMinho

O uso de arcos para vencer vãos (ainda que não aplicados à construção de pontes) tem milhares de anos de história. Existem diversas hipóteses sobre o seu processo de concepção, mas é impossível datar a sua invenção. Os primeiros arcos foram encontrados em sepulturas subterrâneas na Mesopotâmia, tendo sido construídos há cerca de 5000 anos. Para além dos Sumérios, também os Egípcios e os Gregos conheciam as estruturas em arco. Seguindo um longo processo de evolução, crê-se que os Etruscos foram o primeiro povo a construir arcos com aduelas (elementos em forma de cunha). Posteriormente, os Romanos melhoraram substancialmente a técnica construtiva do arco e acrescentaram o uso de argamassa pozolanica, resistente à água. A ponte em arco de alvenaria de pedra mais antiga que se conhece é a Ponte Aemilius, em Roma, datada do ano 142 AC, ver Figura 1. É de realçar que as pontes Romanas eram relativamente largas quando comparadas com as pontes construídas na Idade Média. A maior

parte das pontes Romanas tinha uma largura superior a cinco metros. Basta comparar este valor com a largura das pontes Medievais que encontramos espalhadas ao longo de Portugal para perceber a relevância deste aspecto. Com o declínio do império Romano, por volta do séc. V DC, também o sistema viário Europeu sofreu uma degradação apreciável, incluindo naturalmente as próprias pontes. Seis séculos mais tarde, a ocorrência de importantes alterações económicas e sociais a nível Europeu originou um aumento das actividades económicas que, por sua vez, conduziu à construção de novas vias e pontes por toda a Europa. A construção da Ponte d'Avignon no séc. XII, em França, marca o reinício da arte de construir pontes monumentais, ver Figura 2. A forma semicircular do arco, usada pelos Romanos, é agora substituída pela forma ogival, segmentar e outras. De facto, os arcos ogivais são mais fáceis de construir que os arcos semicirculares e permitem um vão variável para uma dada altura. Por sua vez, os arcos segmentares

permitem construir maiores vãos, reduzindo o número de pilares, e executar o tabuleiro da ponte a uma cota mais baixa, quando comparados com os arcos semicirculares Romanos. O período Renascentista, época de importantes avanços científicos, afectou também a arte de construir pontes. O arco semicircular romano foi usado numa fase inicial, mas a sua reduzida funcionalidade em zonas urbanas levou ao desenvolvimento de novas formas, mais abatidas. Foram desenvolvidos arcos de três centros, arcos elípticos e arcos em forma de catenária invertida, servindo simultaneamente propósitos estéticos e práticos. A famosa Ponte Santa Trinità (arco de três centros) construída em Florença no séc. XVI é o primeiro exemplo da utilização destas novas formas geométricas, ver Figura 3. Hoje em dia é possível encontrar pontes Romanas, caracterizadas pela presença de arcos semicirculares semelhantes entre si e tabuleiro plano, e pontes Medievais, com vãos centrais maiores, arcos segmentares



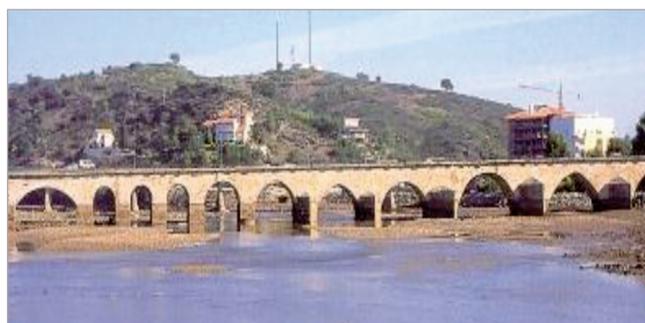
> Figura 1: Ponte Aemilius, Roma.



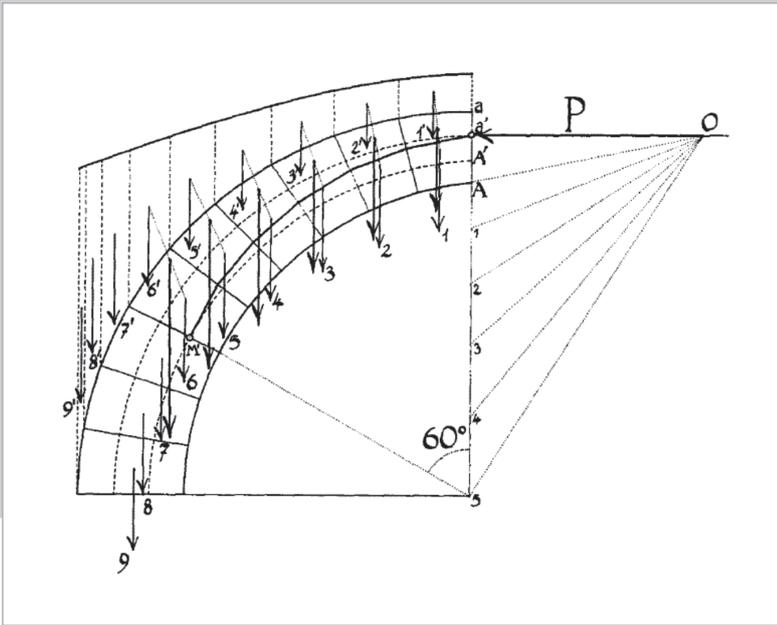
> Figura 2: Ponte d'Avignon, França.



> Figura 3: Ponte Santa Trinità, Florença.



> Figura 4: Ponte Velha sobre o Tua, Mirandela.



> Figura 5: Método gráfico proposto por Édouard Méry para o dimensionamento de arcos.

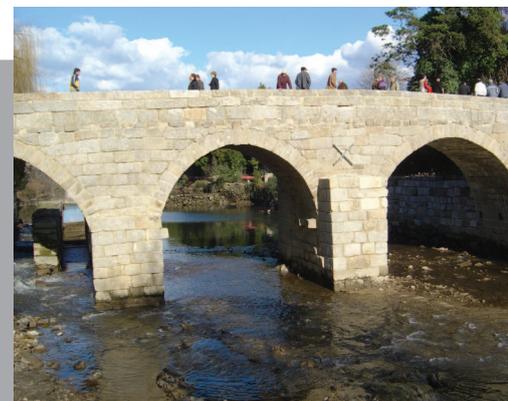
ou ogivais, talhamares e tabuleiro em cavalete. Contudo, os sucessivos trabalhos de reparação desenvolvidos ao longo dos séculos levaram a que numa mesma ponte se possa encontrar arcos correspondentes a períodos distintos, ver Figura 4.

Durante séculos os construtores de pontes desenvolveram e aperfeiçoaram regras empíricas que lhes permitiram construir pontes seguras e económicas. Estas regras empíricas baseavam-se na experiência e forneciam relações geométricas para a definição das dimensões das diferentes componentes das pontes (vão e espessura do arco, largura e altura dos pilares, etc.). No início do séc. XVIII, Philippe de La Hire, importante matemático Francês, introduziu os princípios da estática na análise

de pontes em arco. Este trabalho conduziu, nas décadas seguintes, ao desenvolvimento de diversos métodos de análise de pontes baseados na estática gráfica, ver Figura 5. Contudo, a abordagem empírica continuou muito popular essencialmente devido à falta de conhecimentos matemáticos e mecânicos por parte dos construtores, requeridos para perceber e aplicar a análise estática ao dimensionamento das pontes em arco.

Os grandes avanços tecnológicos ao longo do séc. XX na área das pontes possibilitaram a construção de pontes metálicas e de betão armado de grandes vãos e capacidade de carga, mas as pontes em arco de alvenaria continuam a ter uma presença forte na rede ferro e rodoviária. Refira-se, a propósito, que

aproximadamente metade das quatrocentas mil pontes ferroviárias em serviço na Europa são em arco de alvenaria. O aumento significativo das cargas (ferro e rodoviárias) circulantes e a ausência de trabalhos manutenção periódicos têm originado diversas situações de dano que podem colocar em causa a utilização destas pontes. Nestas situações, torna-se necessário desenvolver trabalhos de inspeção, diagnóstico e intervenção que assegurem simultaneamente a segurança dos utilizadores e a preservação dos valores patrimonial, arquitectónico e cultural que muitas destas construções centenárias representam, Figura 6. Este é um tema da maior importância e actualidade, que será abordado numa próxima oportunidade.



> Figura 6: Intervenções recentes em pontes em arco de alvenaria.