

ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS

Volume 20 • 2013

CARLOS RIBEIRO (1813-1882)

GEÓLOGO E ARQUEÓLOGO

Homenagem da Câmara Municipal de Oeiras
e da Academia das Ciências de Lisboa
nos 200 anos do seu nascimento



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

Editor Científico: João Luís Cardoso

CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS

2013

Estudos Arqueológicos de Oeiras é uma revista de periodicidade anual, publicada em continuidade desde 1991, que privilegia, exceptuando números temáticos de abrangência nacional e internacional, a publicação de estudos de arqueologia da Estremadura em geral e do concelho de Oeiras em particular.

Possui um Conselho Assessor do Editor Científico, assim constituído:

- Dr. Luís Raposo (Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa)
- Professor Doutor João Zilhão (Universidade de Barcelona e ICREA)
- Doutora Laure Salanova (CNRS, Paris)
- Professor Doutor Martín Almagro Gorbea (Universidade Complutense de Madrid)
- Professor Doutor Rui Morais (Universidade do Minho)

ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS

Volume 20 • 2013

ISSN: 0872-6086

EDITOR CIENTÍFICO - João Luís Cardoso
DESENHO E FOTOGRAFIA - Autores ou fontes assinaladas
PRODUÇÃO - Gabinete de Comunicação / CMO
CORRESPONDÊNCIA - Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras
Fábrica da Pólvora de Barcarena
Estrada das Fontainhas
2745-615 BARCARENA

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos Autores.

Aceita-se permuta
On prie l'échange
Exchange wanted
Tauschverkehr erwünscht

ORIENTAÇÃO GRÁFICA E

REVISÃO DE PROVAS - João Luís Cardoso e Autores

PAGINAÇÃO, IMPRESSÃO E ACABAMENTO - Pentaedro, Lda. - Tel. 218444340

DEPÓSITO LEGAL N.º 97312/96

Carlos Ribeiro (1813-1882), geólogo e arqueólogo.
Homenagem da Câmara Municipal de Oeiras
e da Academia das Ciências de Lisboa
nos 200 anos do seu nascimento

A OBRA DE CARLOS RIBEIRO NA DÉCADA DE 1857 A 1867 E O PROBLEMÁTICO ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL À CIDADE DE LISBOA

Manuela Simões¹

1 - INTRODUÇÃO

Durante a época seca Lisboa apenas dispunha de 8 litros de água por habitante e por dia, uma perfeita miséria, o que não permitia a higiene básica, muito menos a indústria e o crescimento civilizacional. Carlos Ribeiro considerava que o erro das administrações estava em procurar satisfazer as necessidades do momento sem olharem para o futuro, de importância crucial para as próximas gerações, tal como tinha acontecido com o projeto do Aqueduto das Águas Livres no início do século 18.

“Se esta vital questão tivesse sido encarada de mais alto no começo do seculo findo, e os 5:000 contos de réis que se dispenderam com as nossas, aliás monumentais, obras das aguas livres tivessem sido empregados na aquisição e conducção para Lisboa das aguas do Tejo, do Almonda, do Alviela, das Alcobertas, ou de Rio Maior, hoje em vez de crueis sêdes e de decepções por que temos passado, veriamos Lisboa dotada com abundantes aguas potaveis para seu uso, e não teriamos de preocupar-nos com a questão do presente e do futuro abastecimento do modo por que nos vemos abrigados a fazel-o.” (RIBEIRO, 1867, p. 34-35)

Como abastecer de água a cidade de Lisboa? Com água subterrânea de nascente ou com água superficial captada por galerias filtrantes no rio Tejo? A estas e a outras questões relacionadas procurou responder Carlos Ribeiro por incumbência governamental nas décadas de 50 e 60 do século 19.

Em 1857, Carlos Ribeiro foi chamado a fazer o reconhecimento geológico e hidrogeológico dos terrenos das vizinhanças de Lisboa, com o objectivo de avaliar as fontes disponíveis para abastecimento à cidade. Desenvolveu um trabalho minucioso e importante, que justificou a sua apresentação à Academia Real das Ciências e a publicação, em secções, nos Annaes das Sciencias e Letras da mesma Academia, em 1857 e 1858.

Em 29 de Setembro de 1858 contratualizou o governo português com a Companhia Nacional de Abastecimento de Águas a Lisboa a obrigação de fornecer à cidade 13 600 m³ de água por dia durante a maior estiagem. Findo o período de concretização dos projetos aprovados sentiu, esta companhia, a necessidade imediata de reforçar os volumes disponíveis para poder responder no futuro a eventuais aumentos em face do progresso da civilização e do crescimento da cidade.

Em 31 de Julho de 1863, foram lançadas obras e projetos para aquisição de novas águas que, em termos de origem, se incluíam em duas classes: uma consistia na represa e adução nos aquedutos do sistema geral de con-

¹ Centro de Investigação em Ciências e Engenharia Geológica (CICEGe), Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal, mmsr@fct.unl.pt

dução a Lisboa e obras acessórias; e outra, como complemento da primeira, na construção de galerias filtrantes para captação da água do Tejo.

No seguimento, em 3 de Outubro, o governo nomeou uma comissão, onde se incluiu Carlos Ribeiro, “*encarregando-a do exame de diversas questões atinentes a este assumpto, e d’entre as quaes as mais importantes eram as seguintes:*

1.ª Que novas aguas se poderão e deverão aproveitar sem prejuizo da agricultura e da industria, para o abastecimento de Lisboa nos termos do contracto celebrado entre o governo e a companhia;

2.ª Que meios se devem adoptar para abastecer Lisboa d’agua, attendendo ao seu estado actual, ao futuro desenvolvimento da sua população, commercio e industria, e ás instantes exigencias da salubridade publica.”
(RIBEIRO, 1867, p. 1-2)

Em harmonia com as determinações do governo, foi diligenciado o estudo das questões cometidas à comissão, mais especialmente dos alvires propostos pela direção da companhia, e das questões relacionadas com o presente e futuro abastecimento de água a Lisboa. Os resultados dos estudos efectuados foram consignados num projeto de relatório, redigido em Fevereiro de 1864, que deu origem a uma Memoria da Academia Real das Ciências, em 1867.

Carlos Ribeiro, com base em observações geológicas e hidrogeológicas nas bacias hidrográficas das ribeiras captadas, analisou a viabilidade das propostas da direção da companhia das águas, nomeadamente sobre o ramal de Vale de Lobos em continuação do aqueduto da Mata; conclusão do Aqueduto de Carnaxide e represas feitas em diversos pontos dos antigos e dos novos aquedutos, em Caneças, Quintã, e Fonte de S. Braz.

O conhecimento da litostratigrafia e da tectónica permitiram-lhe ajuizar sobre a direção e sentido do escoamento subterrâneo, o funcionamento hidráulico das nascentes, as relações entre as ribeiras e as massas de água subterrânea sobrejacentes aos níveis base de drenagem e, ainda, sobre os volumes susceptíveis de captação.

Salientou o interesse de Vale de Lobos, para o qual propôs a exploração subterrânea em todo o comprimento uma vez que, embora de pequena dimensão, esta bacia oferecia melhores características geológicas e condições de armazenamento. Relacionou as nascentes da Mata, bem como as de Dona Maria, em Barracão na estrada de Belas a Sabugo; vale de Carenque e Olelas; com falhas e filões de rochas ígneas nos arenitos e calcários do Cretácico.

O abundante caudal observável na ribeira de Vale de Lobos durante o verão, que sugeriu aproveitar, não poderia provir, na sua opinião, exclusivamente das camadas de arenitos do Cretácico, mas da comunicação hidráulica entre este e os calcários subjacentes, feita através dos alinhamentos filonianos que os atravessam. Este aspeto geológico serviu para explicar a falta de água na parte superior das ribeiras contíguas do Jardim e do Castanheiro durante o estio, apesar das bacias hidrográficas serem mais extensas.

Particularmente interessante e pioneiro foi o projeto para otimização dos aquedutos de Carnaxide, Caneças, Quintã e S. Braz, consistindo na construção de represas subterrâneas e armazenamento de água para futura utilização em estiagem. Esta solução aproxima-se do que se faz atualmente com as barragens subterrâneas, mais vantajosas que as albufeiras tradicionais.

No caso do Aqueduto de Carnaxide, era de opinião desfavorável relativamente ao projeto, por inconveniente e ineficaz. Quanto aos de Caneças e Quintã, considerou serem evidentes as perdas do caudal coletado por fendas e paredes do aqueduto. Porém, para todos eles, apresentava as devidas salvaguardas, baseadas na necessidade de se proceder à compreensão da origem das nascentes e ao comportamento hidrogeológico dos terrenos que as albergam.

No Aqueduto de Caneças, considerou que o ganho seria muito pouco importante, dada a fraca permeabilidade da rocha arenosa encaixante; em contraste, por se tratar de calcários no caso do Aqueduto de Quintã, pareceu-lhe acertada a proposta. Assim, as águas procedentes das obras executadas para prolongamento do Aqueduto da Mata, conclusão do de Carnaxide, as represas nos aquedutos de Caneças, Quintã e São Braz não permitiriam alcançar o volume a que se tinha comprometido a companhia. Esta suspeita levou-a a propor também o aproveitamento das águas do Tejo.

Em todo o caso concluiu, à luz das observações hidrogeológicas, que qualquer das soluções não contribuiria significativamente para o aumento dos recursos e daí, tal como tinha sido convicção ou suspeita da direção da companhia, propor o aproveitamento das águas do Tejo acima do limite onde se fazem sentir as marés. A influência do que se passava na Europa, nomeadamente, em França, Alemanha, Áustria, Reino Unido e Itália, também deve ter pesado nesta última opção. O projeto de abastecimento a Paris passava, inicialmente, pela derivação de água de nascente e drenagem de terrenos cretácicos em três aquedutos (Dhuis, Somme-Soude e Vanne). Foi depois modificado por Aristides Dumont. Com base em argumentos económicos, propôs a substituição das águas do Somme-Soude e Vanne por águas filtradas do Sena. O abastecimento da cidade de Londres era garantido pelas águas dos rios Tamisa e New River e das ribeiras de Amwel e Lea.

Na opinião de Carlos Ribeiro, a organização económica das sociedades modernas onde se situavam as grandes cidades como Londres, Paris, Viena, Berlim e Nova Iorque não deviam a grandeza somente à riqueza acumulada das elites, nem aos sumptuosos e faustosos monumentos, mas ao trabalho do povo que representava mais de dois terços da população. O crescimento só seria possível mediante os cuidados a ter com o bem-estar da população, para o qual deveriam convergir as preocupações dos serviços administrativos. A disponibilização de água gratuita a todos, independentemente da condição social, era indispensável numa grande cidade como acontecia em Inglaterra, França e Alemanha. O crescimento da população destas cidades tinha sido precedido, na maior parte dos casos, de melhoramentos importantes no sistema de abastecimento de águas.

Em relação ao abastecimento de água à cidade de Lisboa, considerou ser dever impreterível do governo e do município olharem com séria atenção e procurarem empregar os meios mais adequados e eficazes para cumprimento das necessidades no presente e futuro remoto:

“Lisboa não pôde, nem deve continuar a existir com os fóros de uma capital europeia, se não tiver águas abundantíssimas para a alimentação individual dos seus habitantes, para as necessidades de hygiene, e para todos os serviços publicos e industriaes ...” (RIBEIRO, 1867, p. 79)

2 – FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL A LISBOA ANTES DO AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES

Lisboa pode muito bem ter sido abastecida no passado por águas do vale de Carenque, onde os romanos construíram um aqueduto e uma barragem (Fig. 1) com capacidade para armazenar 125 000 m³ de água. Trata-se de



Fig. 1 – Ruínas de barragem romana na ribeira de Carenque.

um paredão com 15,5 m de comprimento e 8 m de altura máxima reforçado por 3 contrafortes. Os restos de um aqueduto romano entre Gargantada e Almarjão perto da Amadora, com continuação desconhecida, que tanto pode ser Olisipo (Lisboa) como qualquer outra povoação situada nas imediações, sugerem esta possibilidade.

Infere-se porém, por relatos de antigos funcionários da Câmara Municipal de Lisboa (VELOSO D'ANDRADE, 1851), que nos primeiros séculos da monarquia, a única fonte de abastecimento eram as águas do Bairro Oriental (Fig. 2).



Fig. 2 – Águas do Bairro Oriental captadas no Chafariz d'El Rei.

Com o crescimento para ocidente procuraram-se alternativas nos poucos poços de água potável conhecidos. A escassez a que estavam votados todos os residentes, especialmente os mais afastados dos mananciais existentes durante a estiagem, era enorme. A atenção do povo e da autoridade pública mais uma vez se fixou nas nascentes da ribeira de Carenque como fonte plausível à satisfação das suas necessidades. Os reis D. Manuel e D. Sebastião equacionaram o transporte para a capital do reino, sem ter sido concretizado. Em 1619, o senado da Câmara de Lisboa reuniu a quantia para dar início às obras, mas esta foi empregue nas festas de acolhimento a D. Filipe II (Filipe III de Espanha) quando veio a Portugal.

Confrontado com a extrema penúria de águas que havia na cidade todos os verões e a necessidade urgente em procurar uma solução, Filipe II visitou o vale de Carenque e incumbiu o seu Arquiteto Leonardo Turriano do projeto, ordenando ao senado da Câmara o uso dos meios para o efeito. O projeto não passou da concepção.

Com a elevação ao trono de D. João V e mediante diligências do Procurador de Lisboa Ocidental, Claudio Gorgel do Amaral, conseguiu-se enfim lançar as obras e concluir o Aqueduto das Águas Livres (Fig. 3) após 20 anos de trabalhos intensos, nunca interrompidos. Seguiram-se a construção do depósito das Amoreiras, da rede e chafarizes dispersos pela cidade. Contudo, a Água Livre de Carenque e demais aquisições não passaram, segundo Carlos Ribeiro, de paliativos.



Fig. 3 – Aqueduto das Águas Livres na Mãe d'Água (Carenque) e no vale de Alcântara.

Para efetiva resolução do problema atual e futuro surgiu o Decreto de 22 de Dezembro de 1852, atribuindo ao governo a contratação, por concurso público, para fornecimento de água à capital. Além disso, são solicitados ao Eng. Municipal Pezerat, pela Câmara Municipal, estudos visando dotar Lisboa de novos e volumosos mananciais. Pezerat concentrou a sua atenção nas águas do Bairro Oriental, propondo interceptá-las antes de chegarem ao Tejo e elevá-las entre 65 e 70 metros acima do nível do rio, represando as águas pluviais e de nascente num reservatório em Quintã para adução no Aqueduto das Águas Livres. Mais tarde, em 1855, funde estas opções num só projeto a que junta os recursos reunidos pelas águas subterrâneas das Praças de D. Pedro e do Comércio, as águas que emergiam na margem direita do Tejo entre Boa Vista e Tercenas, em Santos-o-Velho, e a água de todos os poços da cidade. As águas de pior qualidade seriam empregues na rega, combate a incêndios e usos análogos. Era apologista da utilização de água de nascente quando estas permitiam suprir as necessidades, em detrimento das águas do Tejo acima do alcance das marés ou de outro seu afluente.

Entretanto, surge uma companhia inglesa oferecendo à Câmara Municipal as bases para abastecimento de Lisboa. Porém, o governo, ao abrigo da Lei de 20 de Julho de 1855, chama a si o problema do abastecimento à cidade e coloca-o a concurso. Este foi adjudicado à Companhia Nacional de Abastecimento de Águas a Lisboa. A direção provisória desta dá grande importância às nascentes da Mata, na ribeira de Vale de Lobos, dedicando à sua adução a parte principal das obras, ou seja, à construção do Aqueduto da Mata. Sobre estudos feitos por engenheiros nacionais, o Engenheiro francês M. Mary elaborou o respetivo projeto. Surgem algumas apreensões sobre a capacidade e eficiência da obra projetada. Carlos Ribeiro, na Memória publicada pela Academia Real das Sciencias de Lisboa (RIBEIRO, 1857a) propôs a alteração do traçado e construção do Aqueduto de Agualva.

3 – CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E TECTÓNICAS RELEVANTES À INTERPRETAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Carlos Ribeiro baseou-se no conhecimento geológico e estratigráfico da época para, à luz da interpretação hidrológica, compreender o circuito subterrâneo da água que estava subjacente aos projetos de aquisição de novas fontes para abastecimento de Lisboa.

Refere que a constituição e a composição geológica dos terrenos de Lisboa e arredores, bem como as vicissitudes porque passou do Cretácico até a atualidade, determinaram a ocorrência de abundantes fontes no Bairro Oriental bem como a secura e esterilidade hídrica da zona alta, média e ocidental. Daí resulta desigualdade e

escassez. Fez o reconhecimento geológico dos arredores de Lisboa, sem o qual não seria possível tecer quaisquer considerações, nem fundamentar a exploração e aquisição de novas águas potáveis.

Pelas condições geológicas concluiu que *“as bacias terciária e cretacea das vizinhanças de Lisboa não tem a forma singela, a disposição e a continuidade física de stratos, com que se apresentam, para além dos Pyreneos, as bacias typos da mesma idade, como por exemplo as de Paris.”* (RIBEIRO, 1857a, p. 29). Estas, pela uniformidade na composição mineralógica, estratos, formas simples e relevo permitiam estudo fácil. Ao contrário, em Lisboa e arredores, *“sobre as quaes as forças interiores do Globo exerceram duradoura acção metamorphica e dinamica; começando precisamente no mesmo período em que se depositaram os stratos, perturbaram o carácter mineralogico de algumas rochas, desarranjaram a continuidade e uniformidade das camadas, deslocando-as em diferentes sentidos, e dando ao sólo um relevo complicado e variadissimo,”* (Ribeiro, 1857a, p. 30).

Considerou a cidade implantada num conjunto de colinas distribuídas pela margem direita do rio Tejo. Com altitudes entre 100 e 162 metros, prolongavam-se para norte numa extensão de 1,5 a 3 quilómetros. Acidentes geomorfológicos com alguma expressão, como o vale de Alcântara e o vale entre Carnide e Loures, separavam a cidade em dois maciços de forma e grandeza desiguais: o maciço oriental (*“Massiço oriental”*) e o maciço ocidental (*“Massiço occidental”*).

3.1 – Maciço Oriental

O maciço oriental, em forma de losango muito alongado (15,5 km x 6 km), com orientação SSW-NNE, compreende os terrenos situados entre os vales de Alcântara e de Odivelas, passando por Benfica, Palhavã, Poço do Bispo, Lumiar, Carnide e Porcalhota (na atual Amadora). É atravessado por pequenos vales de onde se destaca o de Chelas. Estes não justificam, do ponto de vista geomorfológico, a subdivisão em distintos maciços.

Notou que reunia condições geológicas e geomorfológicas para a ocorrência de águas perenes e artesianas. A falha do rio de Sacavém (designação antiga do rio Trancão) interrompia a continuidade das camadas do Terciário e ao desviar o escoamento em direção a Verdelha e rio Tejo impedia a alimentação das nascentes do maciço oriental. Todo o recurso estaria, assim, confinado às areias porosas da margem direita, entre Lisboa e Sacavém, até os cumes de Frielas e Carnide, incluindo a área da Luz e Lumiar. A descarga destes níveis saturados de água fazia-se por artesianismo nas zonas baixas do vale de Frielas, dando lugar à formação de pântanos que, na época, pouco abonavam a favor da civilização devido aos efeitos nefastos na saúde pública.

O vale de Loures, ainda que afastado de Lisboa, representaria importante fonte de recurso caso não existisse o problema relacionado com a baixa cota da emergência das nascentes. As previsões apontavam para artesianismo de 3 a 5 m acima do nível do rio nos furos abertos em Chelas, Beato ou Marvila e, como tal, seriam excluídos da alimentação à zona média da cidade. A sequência listostratigráfica ao ser atravessada por pequenos vales implantados em falhas de direção SW-NE, como as de Chelas e dos Olivais, a taxa de infiltração e o escoamento rápido para o Tejo contribuíam para a secura das linhas de água fora da época das chuvas. As descargas observáveis nas praias, ao longo da margem direita, eram aproveitadas pelas lavadeiras através da abertura de buracos na areia durante a baixa-mar.

As fontes situadas na zona alta do maciço, com melhores condições de aproveitamento devido à pequena bacia de recepção, não eram suficientes pela reduzida quantidade de água que podiam debitar, muito aquém das necessidades. Apesar de tudo, na tentativa de quantificar os recursos disponíveis, Ribeiro procedeu ao cálculo sumário a partir da superfície de exposição e da precipitação média anual sobre Lisboa, tendo chegado a valores na ordem de 17 520 000 m³/ano (292 km² x 0.600 m), dos quais, ao subtrair as perdas diretas para o rio (escoamento superficial) da ordem de 25%, e a evaporação, restariam cerca de 25 550 m³/dia. Assim, contabilizadas as descargas das nascentes e outras perdas estimou a disponibilidade do maciço oriental na ordem de 11 534 m³/dia.

No maciço oriental estudou ainda a bacia hidrográfica do rio de Sacavém e seus afluentes (ribeiras de Odivelas, Loures, Trancão e Granja), drenando uma superfície de aproximadamente 200 km². A cota de confluência, inferior a 10 m, permitia o avanço das marés e a subida das águas salgadas, limitando o aproveitamento às nascentes situadas nas zonas altas, nas cabeceiras das ribeiras de Odivelas e Loures. Na ribeira de Odivelas foram reconhecidas nascentes de pequeno caudal na formação basáltica. Pelo elevado número, ao reuni-las todas, poder-se-iam alcançar 2 650 m³/dia em Odivelas e 10 000 m³/dia em Frielas. Os conglomerados que afloram na bacia forneciam menor quantidade de água, porém a cota onde alcançam volume considerável, inferior a 40 m, tornava impossível o aproveitamento e adução no aqueduto geral em Benfica.

A ribeira de Loures, constituída por dois ramos principais, o de Loures e de Lousa, recebia igualmente águas das nascentes das formações basálticas de Almargem do Bispo, da serra das Sardinhas e de Montemor. As águas desta ribeira eram amplamente aproveitadas na irrigação dos campos e, por isso, a sua derivação para o aqueduto geral poderia ser acompanhada de grandes obstáculos. Por outro lado, a ligação ao aqueduto configurava sérias dificuldades técnicas relacionadas com a natureza do terreno, bastante fraturado e duro.

As condições geológicas na ribeira de Lousa permitiam, a cotas superiores a 100 m, captar volumes na ordem dos 10 000 m³/dia. Esta é constituída pelas ribeiras de Bocal e Palhais, oriundas de Malveira e Montachique, nos calcários do Cretácico médio que se estendem de Vialonga, Mafra e Safarujo. Contudo, a sua condução até Lisboa afigurava-se extremamente difícil.

A ribeira do Trancão oferecia, na adução e condução à cidade, condições similares às da ribeira da Lousa e drenava, igualmente, calcários, margas e grés do Cretácico médio. Em contrapartida, as copiosas nascentes de Alpriate, Flamengas e Sardoal, na ribeira da Granja, viam excluído o seu aproveitamento por se situarem a cotas reduzidas não podendo, por isso, serem consideradas para suprimento das necessidades da zona média e superior da cidade e, como tal, não constituíam alternativa às nascentes do Bairro Oriental para a zona baixa.

As propriedades físicas e a composição química das águas potáveis das nascentes do Bairro Oriental, entre o chafariz d'El Rei e a Cruz da Pedra, apontavam para águas com temperaturas entre 15,5 °C e 26,5 °C, dureza média a alta (grau hidrotimétrico entre 17,5 e 66,0) e mineralização total superior à da Mãe d'Água das Amoreiras, variável entre 562 mg/L a 749 mg/L. Embora mais mineralizadas do que a das Águas Livres, não poderiam ser excluídas da categoria de águas potáveis até porque reuniam algumas vantagens em termos de limpidez, temperatura e invariabilidade no caudal.

As características das águas do Bairro Oriental levaram-no a considerá-las com origens distintas, ou provinham do seio da Terra, muito abaixo do nível do mar, ou dos terrenos acima deste mesmo nível. A água do chafariz d'El Rei, das Lavadeiras, das Alcaçarias e chafariz de Dentro resultariam da intersecção de falhas, com orientações S-N, com uma falha principal de orientação E-W, com a qual relacionou a abertura do vale do Tejo junto a Lisboa. Estas, independentes de fenómenos meteorológicos, só apareciam entre o chafariz d'El Rei e o Jardim do Tabaco. As restantes tinham origem em águas pluviais infiltradas nos terrenos do Terciário entre Lisboa e Alhandra. Em conclusão, o maciço oriental reunia condições para fornecer águas abundantes e perenes, e também artesianas.

3.2 – Maciço Ocidental

O maciço ocidental compreendia um pentágono irregular com vértices em Alcântara, Cascais, Cabo da Roca, Sabugo e Caneças, atravessado pelos vales das ribeiras de Queluz, Laveiras ou Vale de Lobos, Oeiras, Manique e Cascais. Estende-se pela linha de costa até o Cabo da Roca, contornando o Tejo de Cascais a Alcântara. A norte é limitado pela linha de cumeada que passa pela serra de Sintra, elevações do Algueirão, do Sabugo (picos da Piedade e da Tapada), D. Maria, Caneças, A-da-Beja, Vila Chã e Falagueira, entre cotas de 183 e 500 metros.

As águas aproveitáveis deste maciço seriam as das bacias hidrográficas das ribeiras de Queluz e Barcarena. Todas as outras, como as de Rio de Mouro e da Lage, eram menos abundantes, encontravam-se mais afastadas de Lisboa e possuíam piores condições de adução. Não era aconselhável o aproveitamento das águas da serra de Sintra, importante recurso, devido à necessidade de proceder a grande número de expropriações em terrenos de elevado valor económico na posse de grupo social importante e com considerável capacidade de contestação. Também o custo avultado da construção e desmonte, em termos comparativos, não compensava o reduzido benefício.

As ribeiras de Queluz e de Vale de Lobos foram desde sempre apontadas como a solução para abastecer Lisboa de água potável. Aproveitadas desde o século 18, após a construção do Aqueduto das Águas Livres, foram também consideradas por Carlos Ribeiro como as mais vantajosas, pela quantidade, qualidade e proximidade a Lisboa e do aqueduto já construído. O seu prolongamento para NNW até Talaíde, Cacém, Mercês, Meleças, Rinchoa, Algueirão e Sabugo permitia captar águas à cota mínima de 200 m e fazê-las descer por gravidade até Lisboa, tal como com as Águas Livres, Pontes Grandes e Caneças.

As variáveis do clima condicionam de forma significativa a existência de água nas regiões, sendo fundamental o seu conhecimento na avaliação das disponibilidades anuais. Carlos Ribeiro constatou que, para Lisboa e arredores, as médias anuais das variáveis meteorológicas não estavam devidamente estudadas e averiguadas.

De acordo com valores obtidos por Pegado, responsável pela primeira estação meteorológica em Lisboa, as médias pouco credíveis de dois anos muito irregulares (1855 e 1856) permitiam estimar a precipitação em 0,0645 m por ano e o volume de águas pluviais sobre as bacias de Queluz e Vale de Lobos, com 42,7 km², em 25 620 000 m³.

No entanto, sem estimar o escoamento superficial e a infiltração gerados, procurou relacionar aspectos geomorfológicos, litológicos e tectónicos para obter proporções plausíveis entre eles. O declive do maciço ocidental, muito pouco favorável à infiltração, exercia efeito contrário ao da litologia, devido à elevada permeabilidade das rochas detriticas e do grau de fracturação dos calcários. O retardamento causado em algumas regiões pelo aplanamento da superfície e os acidentes a interceptarem o escoamento superficial contribuía para aumentar a infiltração.

Apoiou-se, também, em relações encontradas para a bacia do rio Sena, em Paris, calculadas por Perrault e Mariotte, na ordem de 6:1. Considerando relação semelhante, admitiu que a água infiltrada seria de aproximadamente 5/6 da precipitação sobre toda a bacia de recepção. Tendo em conta as perdas por evaporação em Portugal considerou mais prudente admitir uma relação de 4:1 ou seja de 3/4 da água pluvial, na ordem de 19 215 000 m³, sendo admissível, por razões várias, o aproveitamento de somente 20 000 m³ por dia.

4 – PROJETO DE ADUÇÃO E OBRAS NECESSÁRIAS

4.1 – Aquedutos da Mata e de Agualva

Ribeiro (1857) estudou a viabilidade de adução de águas das nascentes da Mata, na ribeira de Vale de Lobos, para o Aqueduto Geral das Águas Livres através da construção do Aqueduto da Mata, cuja construção tinha sido proposta por M. Mary, do Departamento do Sena, aquando da sua deslocação a Lisboa com o propósito de examinar a questão do abastecimento à cidade. Porém, o Aqueduto da Mata não permitia receber mais de 5 800 m³, muito aquém do que era fornecido diariamente pela Companhia das Águas (11 300 m³). Admitia possível um aumento pouco significativo, cerca de 1 440 m³ por dia, por recarga induzida e facilitada através da arborização e abertura de valas ao longo das curvas de nível e bacias de infiltração, como era sugerido nas obras de Polonceau (1829) e Dumas (1856).

Convencido dos inconvenientes e da ineficácia do Aqueduto da Mata, Ribeiro voltou-se para a concepção de um sistema alternativo com o Aqueduto de Aqualva, cruzando as ribeiras de Carenque, Castanheiro e Vale de Lobos, para adução de águas e reforço do abastecimento à capital. No entanto, este não permitiria o fornecimento a pontos na cidade com cota superior a 100 m propondo, por isso, o abastecimento destas zonas pelo Aqueduto das Águas Livres. Um sistema assim desenhado permitiria captar todas as camadas aquíferas e obter um volume diário na estiagem na ordem de 9 000 m³ com possibilidade de se alcançarem 24 000 m³. Resumiu as vantagens do sistema proposto em 5 pontos: 1) não ser necessário executar, à partida, a totalidade das obras; 2) não estar submetido às vicissitudes das grandes secas; 3) garantir o abastecimento da cidade no presente e no futuro; 4) tratar-se de águas potáveis semelhantes do ponto de vista químico às do Aqueduto das Águas Livres; 5) e grande diminuição no número de expropriações e indemnizações a pagar.

Admitiu a exigência de elaborar cuidadosamente o projeto para o qual considerou indispensável fazer o estudo hidrogeológico da bacia com a elaboração de um inventário de todos os poços, fontes e nascentes, desenhar o mapa de aquíferos, com regime de fluxos subterrâneos, variações anuais, relações hidráulicas entre nascentes e linhas de água. Chamou a atenção para a necessidade de dispor da carta topográfica à escala 1:500 com curvas de nível equidistantes de 50 m, na qual seriam implantadas as unidades geológicas de Belas, formação basáltica, filões e diques “trappicos” e rochas metamórficas. O mapa deveria ser acompanhado de perfis, tantos quantos fossem necessários, para colocar em evidência todas as perturbações que contribuíssem para alterações à harmoniosa continuidade das unidades geológicas, tais como falhas, mudanças de direção de camadas e intersecções entre unidades. Sobre este seria desenhada a rede de galerias subterrâneas a construir.

5 - ABASTECIMENTO À CIDADE COM ÁGUA DE RIO

Pretendia a Companhia das Águas abastecer a cidade com água do Tejo captada por galerias filtrantes. Seria elevada, entre 60 a 80 metros acima do rio, e transportada por um sifão enterrado na estrada real até Lisboa. Restrições a esta solução prendiam-se com aspetos relacionados com a qualidade da água no abastecimento, imposta pelo governo na 2.^a condição do contrato celebrado entre as partes. Esta estava obrigada a cumprir requisitos de qualidade, independentemente da origem da água, de modo a igualar as Águas Livres em termos de potabilidade e qualidade e que, não o estando, poderiam necessitar ser beneficiadas. Neste sentido, Carlos Ribeiro, estudou e comparou do ponto de vista físico e químico as águas reunidas nas Amoreiras antes de serem introduzidas nos chafarizes da cidade. Observa que todas elas, subterrâneas e de nascentes, apresentavam características que as tornavam diferentes, nomeadamente quanto ao grau hidrotimétrico (dureza).

Os critérios de qualidade exigidos tinham a ver com o grau de limpidez; temperatura, que se pretendia sensivelmente constante; cozer bem os alimentos e dissolver o sabão; conter ar e dióxido de carbono abaixo de certo limite; ser inodora e agradável ao paladar; ter mineralização adequada, inferior a 300 mg/L; não conter matéria orgânica em quantidade apreciável; e ter dureza inferior a 24 graus hidrotimétricos.

A maioria das águas das Amoreiras obedecia a estes critérios, com exceção da temperatura, onde se verificavam oscilações ao longo do ano depois de reunidas no aqueduto, em comparação com a temperatura na origem. Considerava que diferenças mais profundas em termos de mineralização, em comparação com a água de mistura e de consumo final, não podia nem deveria ser rejeitada assim como qualquer outra que mostrasse condições de potabilidade igual a qualquer uma das nascentes captadas.

Passou depois à comparação das águas do Tejo acima de Mugem (Muge), além do alcance das marés, com as das Águas Livres. Em relação aos critérios de qualidade exigidos, o da temperatura, que não inviabilizava o uso, era o mais problemático devido às oscilações térmicas decorrentes dos fenómenos climáticos ao longo do ano.

Em relação aos restantes critérios não se levantava nenhum obstáculo, referindo Carlos Ribeiro em abono da opção pela água de rio:

“as condições geraes de uma grande cidade melhoram, e muito, quando o abastecimento é feito com aguas de rio, porque d'estas toma-se á vontade o volume que se deseja, e por tal modo que na ocasião em que mais precisas são, chegam a todos e a tudo com a máxima largueza” e “que só estudando a historia do abastecimento das aguas das grandes cidades da Europa e da America nas suas diferentes relações com a economia publica, é que se póde chegar ao conhecimento das difficuldades do problema e á convicção de que o aproveitamento das águas do Tejo para abastecimento de Lisboa importa uma questão de summa gravidade.”
(RIBEIRO, 1867, p. 46)

Nesta opção estudou as condições geológicas e geomorfológicas que, conjugadas, permitiriam a filtração natural sem, contudo, deixar de salientar as vantagens no uso de filtros artificiais como era prática no eficiente sistema de filtração de águas do Tamisa no Reino Unido.

Concentrou o estudo nos depósitos quaternários do vale do Tejo, na tentativa de encontrar na sua posição geográfica e composição litológica condições para a filtração natural. Equacionou diversas alternativas nas aluviões entre Muge e Tancos, bem como nos terraços quaternários de Pombalinho, Barquinha e Golegã. Concluiu sobre a existência destas condições na Labruja (Quinta da Labruja, Golegã), onde se colocariam as galerias à distância de 30 a 40 metros do leito de cheia do rio. Um bom local para a realização de experiências e estudos de filtração natural das águas do Tejo estaria entre Quinta da Cardiga e Labruja, numa extensão de 800 metros, justificando a escolha por evidências locais, reconhecidas durante o estudo, de comunicação hidráulica entre poços e o rio Tejo. O nível piezométrico destes poços subia e descia com as oscilações anuais do nível de drenagem do rio e nunca esgotavam, pressupondo a sua alimentação pelas águas deste, materializando um sistema natural muito próximo do que se pretendia implementar.

As águas do Tejo só eram potáveis a montante de Valada, indicando somente dois pontos para a adução, em Santarém e Cardiga. Ponderando questões técnicas e económicas na opção de utilização das diversas formas de abastecimento, aconselhou que fosse feito à zona alta da cidade por elevação das águas do Bairro Oriental e arredores e à zona baixa e intermédia pelas águas do rio, bastando para isso elevá-las à cota de 60 a 70 metros.

As águas de rio tomadas a grandes distâncias dos centros urbanos, antes ou depois de receberem os esgotos, reuniam condições para o abastecimento. Apoiou esta sua convicção na argumentação de entendidos na matéria como Lefort, Robinet e Eugenio Marchand sobre o abastecimento em França e Reino Unido com águas de rio. Transcreveu também a opinião de especialistas sobre a técnica de filtração de água de rio para abastecimento de grandes cidades tais como de Arago, Thon, Huber, Dumas, Houyau, Blavier, Fournet, Dumont, Boucheport, Boisgiraud, Girard e Segou.

O desconhecimento das características litológicas e comportamento hidráulico dos terrenos onde se pretendia fazer trabalhos de exploração estavam nas principais causas do insucesso e falência de empresas constituídas com esse fim. Cita o exemplo de Madrid, onde a atuação especializada do hábil e experiente Geólogo D. Casiano de Prado foi fundamental ao questionar a escolha do local para represar o rio Lozoya e o reservatório para abastecimento do canal de Isabel II. As características à superfície adequavam a escolha, mas a carsificação dos calcários desaconselhava a localização do reservatório. Este sugeriu a represa na parte do rio onde predominavam os xistos cristalinos. O seu conselho não foi atendido e o resultado foi a abertura de um grande sumidouro de água que fez baixar o nível do rio de forma notável.

Outra situação crítica tinha acontecido com a escolha do um local, sem a realização de estudos, para filtrar naturalmente as águas do rio Clyde que abastecia a cidade de Glasgow. O terreno onde foram abertas as galerias

filtrantes não reunia condições, uma vez que era constituído por aluviões vadosas ricas de matéria orgânica. As sucessivas tentativas para otimizar a filtração natural levaram à falência de várias companhias. Refere também experiências coroadas de êxito como as de Perth, na Escócia, e Tolosa com as águas do Garona.

6 - ALTERNATIVA À ÁGUA DO TEJO

Consciente das dificuldades e restrições inerentes à captação da água do Tejo e às condições geográficas associadas à canalização de nascentes para o Aqueduto das Águas Livres por condicionantes geológicas e topográficas, alargou o estudo a outras regiões a norte e nordeste, até as elevações de Torres Vedras, serras de Montejunto e d’Aire.

Estudou do ponto de vista geológico, hidrogeológico e a relação com erupções basálticas os afloramentos de calcários e calcarenitos do Jurássico e Cretácico situados entre Cercal e Castanheira. Entre Lisboa e Torres Vedras, estas camadas eram, com alguma regularidade, atravessadas ou deslocadas por filões de basaltos e traquitos, nomeadamente em Loures, Sobral de Monte Agraço, Pêro Pinheiro, Malveira, Turcifal e Mafra.

Enquadrou na geografia as bacias hidrográficas do rio Sizandro e das ribeiras do Livramento, Safarajo, Cheleiros e Sacavém. Os vales destas linhas de água eram muito escavados, de margens abruptas, donde brotavam nascentes pouco produtivas de origem topográfica, mas que configuravam aspecto verdejante à paisagem e o surgimento de ricas várzeas e quintas.

A orografia, a tectónica e a geologia não lhe sugeriram a probabilidade de encontrar nascentes produtivas — “*a pouca probabilidade que pôde haver de encontrar nascentes de grande cabedal em toda a esta porção do paiz comprehendida entre Lisboa e Torres Vedras*” (RIBEIRO, 1867, p. 66) — salvo as ocorrências nos contactos com rochas vulcânicas, como em Freiras, Camarões e Vale Nogueira, a cerca de 20 km de Lisboa.

O volume reunido alcançaria os 4 000 m³ diários, com pouca probabilidade de ser aumentado com obras adequadas devido às más condições do terreno para captação. O seu aproveitamento era adequado mas desaconselhado pela indispensabilidade para os residentes locais. As consequências seriam de tal modo graves para o solo e para a população que desencorajavam o transporte para a cidade; mais ainda, tendo em conta o preço dos aquedutos relativamente ao pouco significativo ganho para a capital.

O melhor aproveitamento das nascentes de Alfouvar, por obras subterrâneas a atravessar os calcários cretácicos, permitiria também obter um volume diário de 4 000 a 8 000 m³. Seria um ótimo contributo na perspectiva de Carlos Ribeiro, mas sem dúvida insuficiente face às necessidades da cidade. Outras situações nas bacias de Sacavém e Cheleiros, pelo reduzido caudal e cota de exurgência, eram afastadas de serem aproveitadas no futuro abastecimento à capital.

Assim, as bacias das ribeiras de Arruda e Alenquer, principalmente esta última, afiguravam-se interessantes para captação de águas para a cidade. Foram identificadas as fontes entre Labrugeira e Merceana, as quais, reunidas na Espiçandeira, permitiriam obter 4 a 6 m³/dia. Contudo, o seu aproveitamento representaria um considerável custo ambiental e social porque condenaria à improdutividade uma das melhores e mais importantes áreas do concelho de Alenquer.

Continuando a procura no sentido norte, a exploração da margem direita do rio Tejo entre Alhandra e Rio Maior apontava para os depósitos entre Castanheira e Barquinha, tidos como quaternários (incluíam depósitos do Mio-cénico e Pliocénico), constituídos por calcários, margas, argilas e arenitos. Comunicam com as elevações do maciço calcário estremenho, do Jurássico e Cretácico, situadas a oeste e noroeste, em Rio Maior, Molianos, Reguengo, Minde, Santo António e até Vila Nova de Ourém, e respectivos prolongamentos para as serras de Sicó, Ancião, Redinha e Rabaçal.

O interesse hidrogeológico destes depósitos foi desvalorizado em virtude de os rios que os atravessavam mostrarem reduzido caudal na estiagem, contrastando com o regime torrencial característico na época das chuvas, proveniente das margens escarpadas do vale do Tejo nos contrafortes das serras de Montejunto e Candeeiros. Nestas regiões, devido à natureza detrítica das rochas, o escoamento processava-se preferencialmente na forma subterrânea. Aqui, Carlos Ribeiro sugeria, para aumentar a potencialidade hídrica, a plantação de arvoredo e a preparação do solo para incrementar a infiltração. A captação deveria passar pela instalação de drenos subterrâneos numa área de 8 a 10 mil hectares.

As suas observações permitiam assegurar que a drenagem do maciço calcário estremenho para o vale do Tejo se fazia por duas vias:

“A parte mais meridional da cadeia montanhosa de calcareo jurassico que se levanta ao norte do valle, e á qual já temos alludido, descarrega uma parte das suas aguas mais superficiaes para a grande depressão, e d’estas, umas manam á superficie, outras occultam-se no solo que está inferior aos pontos de descarga.” (RIBEIRO, 1867, p. 70-71).

A recarga do Miocénico seria feita por águas subterrâneas e por águas pluviais. Esta relação e a posição estratigráfica levou-o a admitir artesianismo no centro do vale – *“D’estas condições resulta que no valle do Tejo, junto ao seu flanco direito, e entre a Golegã e Villa Nova da Rainha, devem encontrar-se aguas que repuchem muitos metros acima da campina”* (RIBEIRO, 1867, p. 71).

A fracção fina das rochas detríticas permitia-lhe concluir a existência de transmissividade aquífera reduzida e, como tal, o consequente baixo rendimento, incomparavelmente inferior ao do aquífero poroso que alimentava o poço de Grenelle, em Paris. Considerava a possibilidade de explorar o aquífero do maciço calcário estremenho entre 600 e 700 m de profundidade e a possibilidade de extrair, diariamente, centenas de metros cúbicos de água. Admitia possíveis extrações nos calcários jurássicos, no centro do vale do Tejo, entre 10 000 a 20 000 m³ de água por dia.

Não contou com a profundidade da fracturação e carsificação dos calcários fundamentais à circulação da água. Esta só acontece até onde se processa a dissolução do carbonato, muito dependente da presença de dióxido de carbono. Reconheceu, no entanto, a elevada permeabilidade dos calcários jurássicos devido à fracturação e à dissolução, de onde emanavam as grandes exurgências de Alenquer, Ota, Rio Maior, Alviela e Almonda.

6.1 – Grandes Nascentes entre Alenquer e Torres Novas: Nascentes de Alenquer, Ota, Rio Maior, Alcobertas, Alviela e Almonda

Constatou que as nascentes mais importantes — *mui volumosas d’aguas* (RIBEIRO, 1867, p. 72) — se situavam nos calcários cristalinos e que os seus afloramentos constituíam extensa superfície de infiltração das águas pluviais. A elevada cota a que se encontravam favorecia o escoamento da água infiltrada para as nascentes, aparecendo na cabeceira, nos flancos e nos leitos dos vales, em escarpa de falha, na base dos contrafortes e no seu prolongamento. Percebeu que a taxa de infiltração nestas rochas era elevada, tendo por base a ausência de pequenas nascentes e o aspecto escalvado, desértico e inabitável dos cabeços das serras de Rio Maior, Molianos, Santo António e Minde.

A infiltração das chuvas nas fendas e algares dos calcários jurássicos que se encontram entre os rios Tejo e Mondego carregavam os aquíferos que alimentavam as caudalosas nascentes de Rio Maior, Alcobertas, Olhos d’Água no Alviela, Almonda, Liz, Lena e ribeira do Pombal, Condeixa, Sernache e outras. O mesmo se passava na serra de Montejunto com as nascentes de Alenquer e Ota.

Do ponto de vista económico desaconselhou o aproveitamento da nascente de Alenquer, apesar da abundância e excelente qualidade das águas porque colocaria a indústria local, dela dependente, em perigo. A posição geográfica das nascentes da Ota obrigaria à elevação da água até 30 a 60 metros. Admitiu ser possível aproveitar parte das nascentes de Rio Maior, às quais se juntariam as águas das ribeiras de Almoester e Fráguas (Alcobertas), captadas na Boca das Três Valas por um aqueduto com cerca de 20 km de comprimento.

A exuberante exurgência dos Olhos d'Água no Alviela (Fig. 4) foi descrita por Carlos Ribeiro como uma das mais belas num raio de 150 km em redor de Lisboa (RIBEIRO, 1867, p. 74). A emergir na intersecção de duas falhas, debitava um caudal estimado em 250 000 m³ diários na estiagem. Aconselhou a sua condução até à região das Três Valas por um aqueduto com cerca de 48 km de comprimento cuja localização justificava, em parte, por permitir colectar as águas das nascentes e principalmente porque não comprometia a possibilidade de, no futuro, se juntarem as águas do Tejo. Para o efeito, apresentou uma estimativa de custos envolvidos que, apesar de não corresponderem ao valor real, dariam uma ideia do valor envolvido nas obras.



Fig. 4 – Nascente dos Olhos d'Água no rio Alviela. Exurgência de água subterrânea nos calcários jurássicos.

Devido à maior distância a que se situavam de Lisboa, as nascentes do Almonda ou do Moinho da Fonte eram deixadas para projeto futuro.

6.2 – Recurso às nascentes do Alviela, das Alcobertas, de Rio Maior e outras para abastecimento a Lisboa

Fundamentava a opção de utilizar estas nascentes para abastecimento da cidade com base na falta de aproveitamento em que se encontravam ao debitarem anualmente, desperdiçando para o rio Tejo, avultados caudais. Lamentava o facto de a maior parte das ribeiras entre Carregado e Tomar, passando por Rio Maior, despejarem para o Tejo sem irrigar centenas de hectares de várzeas com bons solos.

Supondo que ocorreria o desejável e ambicionado desenvolvimento agrícola e industrial e o possível incremento na utilização regional da água, nenhuma gota restaria para abastecimento à capital. Assim, para precaver conflitos futuros e compatibilizar usos, apoiava a construção de um aqueduto geral a passar pela Ota de modo a que, no troço até Lisboa, pudesse aduzir as águas do Tejo.

Na fase inicial do projeto, com duração aproximada de 6 a 8 anos, tempo necessário para construir o aqueduto a partir de Lisboa até Ota, seriam captadas as águas da Ota (5 000 m³/dia) que se juntariam às do Aqueduto das

Águas Livres e da Mata, e às do Bairro Oriental, num total de 10 a 15 000 m³/dia, correspondendo diariamente a cerca de 50 a 75 L por habitante. Considerando o provável aumento da população para 400 000 habitantes, o volume disponível reduzir-se-ia a metade, mesmo assim ainda superior ao volume do barril de aguadeiro de Lisboa.

Em circunstâncias extraordinárias, o aumento da disponibilidade poderia ser conseguido com a construção do troço do aqueduto geral da Ota a Cardiga. Somente, após a conclusão desta fase do projeto, seria aconselhável a filtração, por bacias filtrantes, de água do rio Tejo, na ordem de 5 000 a 10 000 m³/dia. A adução tornaria possível abdicar das nascentes da Ota em benefício das populações locais. Admitia também a possibilidade de recorrer a água não filtrada, na ordem de 30 000 a 40 000 m³/dia, ou 100 litros diários por habitante, para usos públicos, higiene e indústria. A irrigação das quintas situadas na capital e arredores poderia ser feita com esta água a preço irrisório, tendo em conta o equivalente em barris de aguadeiro (1 m³ equivalia a 45 barris de aguadeiro).

Considerando a rejeição natural pela água do rio à luz de preconceitos, esta poderia no futuro (10 a 20 anos) ser substituída pelas nascentes de Rio Maior colectadas até à Boca das Três Valas. A água do rio poderia ser captada em Omnia e transportada por um canal para o vale da Asseca. O aqueduto geral deveria ser construído com tal versatilidade que permitisse em qualquer altura e na proporção variável aduzir água de nascente e água de rio, no presente e no futuro. A água do rio poderia, em certa medida, compensar as regiões de onde se pretendia derivar as águas de nascentes para Lisboa, se conduzidas até estes locais. Estes desígnios foram quase todos concretizados, com exceção para a captação da água do rio Tejo, substituída pela adução da água do rio Zêzere (afluente do Tejo) na barragem de Castelo do Bode, entretanto construída (Fig. 5).



Fig. 5 – Rio Zêzere a jusante da barragem de Castelo do Bode e adutor da EPAL na albufeira para captação de água para abastecimento de Lisboa.

7 – QUALIDADE DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Em notas finais à sua obra, na avaliação que fez dos recursos disponíveis, menciona a qualidade da água como um critério a ter em conta nas opções a tomar para a escolha das fontes de abastecimento, de origem subterrânea ou superficial.

Foi criterioso em relação aos conhecimentos existentes à época sobre os requisitos mínimos para a água de consumo humano em termos de saúde pública. Explanou com cuidado e conhecimento as situações vigentes no Reino Unido e Paris. De França vinham rumores de que o bicarbonato, o cálcio, o sódio e o potássio eram fundamentais na água porque promoviam a ação digestiva e a ossificação, bem como benéfica a presença de cloreto

de sódio. Os ingleses tinham opinião contrária, afirmavam que a água para ser boa e potável não deveria conter sais metálicos e terrosos.

Por comparação com a água destilada, foi elaborada uma escala de dureza (“*graus de crueza*”) com base na presença de grãos de bicarbonato de cal num galão de água ou em 70 000 grãos de água. As águas do abastecimento mostravam diferentes graus consoante a origem superficial, subterrânea ou da chuva. A nocividade para a saúde baseava-se na reação visível com o sabão, conservação e branqueamento da roupa, no curtume de couros e nas incrustações em caldeiras a vapor. Era negado o seu carácter essencial para desenvolvimento do sistema ósseo. Pelo contrário, admitia-se que produzia obstruções nas vísceras e no aparelho urinário. Duvidava, assim, da eficácia da sua presença em solução na água e desvalorizou os efeitos nocivos para a saúde. Presente em todas as águas de origem subterrânea, por sinal consumidas por grande número de indivíduos, considerava que não tinham consequências dignas de realce para a saúde. Pelo contrário, algumas águas com elevada dureza consumidas em França eram muito apreciadas pelos consumidores, como era o caso das de Belleville. A preferência assentava em critérios relacionados com o paladar e aspecto físico:

“Até hoje o que temos visto é, que uma agua grata ao paladar, marcando até 25º no hydrotimetro, cozendo bem os legumes, e dissolvendo bem o sabão; sendo límpida, tendo uma temperatura constante, e contendo ar em dissolução, não havendo prevenção no publico contra ella, serve muito bem como água potável.”
(RIBEIRO, 1867, p. 87).

Em comparação, as águas do Bairro Oriental de Lisboa eram muito mais potáveis que as melhores águas de nascente e as mais apreciadas na alimentação dos habitantes de Paris e de muitas outras povoações importantes de França. Para ajudar no interesse prático e científico publicou resultados obtidos com águas potáveis de diferentes unidades geológicas da península de Setúbal. Apresentou dados da temperatura ambiente e da água e valores da dureza em *grau hydrotimetrico*.

Outra questão levantada para a adequação das águas para abastecimento doméstico prendia-se com a temperatura. Apoiado em opiniões técnicas, considerava que a água poderia ter composição adequada mas não satisfazer os requisitos em termos de temperatura, por não ser fresca no estio. Esta deveria ser fresca no verão e temperada no inverno. As que neste aspecto ofereciam as melhores condições seriam as águas de nascentes quando usadas a partir da fonte. As águas de rio teriam comportamento contrário, sendo frias no inverno e quentes no verão. Obrigavam a um processo de correção que seria fácil de conseguir na canalização se tratasse de arrefecimento, mas difícil na situação contrária. As águas das Amoreiras não seriam desadequadas ao abastecimento no inverno, mesmo com temperaturas de 12 a 13 graus centígrados; o mesmo não aconteceria com as águas quentes do Bairro Oriental, com temperaturas de 23 a 26 graus centígrados no verão.

A limpeza e a leveza eram consideradas as principais qualidades a ter em conta nas águas para uso doméstico. A repulsa causada em ingerir água turva, ainda que sem prejuízo para a saúde, seria suficiente para a sua rejeição. As águas de nascente seriam incomparavelmente mais límpidas que as águas de rio pela ação filtrante das rochas de onde provinham. Só excepcionalmente estas seriam turvas, quando fossem superficiais e de meio poroso, como acontecia com as nascentes de S. Brás, Mãe d’Água Velha e Nova e da Quintã.

Regozijava-se com o que se passava em França e no Reino Unido, países que, se tinham abundante água, não eram mais felizes que os lisboetas por não a terem. As suas águas eram tão malignas como o poderiam ser as águas de um charco ou de um pântano. As do Tamisa eram amarelas e impuras devido aos despejos de 2 400 000 indivíduos, da indústria e de navios que nas suas águas ancoravam todos os anos. A morte de peixes, em alguns pontos do rio, já era uma constante e a insalubridade de Londres foi relacionada com a má qualidade da água usada na alimentação. Situação semelhante acontecia com a água do Sena, onde o desenvolvimento da indústria e da população aumentou a necessidade de água potável, supridas pelas águas do rio e do canal de l’Ourcq.

A presença de gases em solução na água era também um critério importante a ter em conta. O consumo de águas subterrâneas captadas em poços e protegidas de trocas gasosas com a atmosfera não mostrava inconvenientes para a saúde, mesmo quando desprovidas de gases atmosféricos como o oxigénio e o azoto. Para o demonstrar, socorreu-se do exemplo de Viena de Áustria, onde a população era servida por água de poços, límpida, privada de ar e carregada de sais. Concluiu que o oxigénio livre era fundamental para a saúde pública, devido à maior mortalidade nesta cidade e em Veneza pelas mesmas razões. Já na Alemanha acontecia precisamente o contrário. Perante opiniões tão diversas, fundamentadas em considerações diametralmente opostas, admite que mesmas as águas subterrâneas na emergência e no transporte sofriam trocas gasosas com a atmosfera e por isso também continham alguns gases dissolvidos. A causa da mortalidade e de muitas doenças malignas e epidemias, na sua opinião, deveriam relacionar-se com inquinações de poços relacionadas com fugas da rede de esgotos.

Águas inquinadas não se encontravam só em algumas cidades da Europa como em Madrid, Viena, Berlim e outras. Em Portugal também eram conhecidas situações de poços com águas de reduzida qualidade que serviam de abastecimento a algumas populações. No Carregado, citava o caso de 2 poços pouco profundos situados em rochas permeáveis onde tinham sido depositados estrumes no solo contíguo às captações. A água captada deveria apresentar-se inquinada e com elevada presença de matéria orgânica.

Relacionou as sezões e febres que assolavam as populações de Azinhaga e outras abastecidas por poços situados junto do rio Almonda com a matéria orgânica e resíduos domésticos que este transportava na estiagem, visíveis pela turvação das suas águas.

No vale do Tejo, em Pombalinho, Golegã e outros locais, a população consumia água de poços situados nas redondezas de estábulos e estrumeiras de toda a espécie.

Na cidade do Porto os poços estariam igualmente adulterados por infiltrações de canos de despejos e dos dejectos fecais das habitações, nos locais onde a cidade estivesse implantada sobre depósitos arenosos e cascalheiras. Mesmo assim, devido à estrutura granítica, em alguns pontos a água poderia ser adulterada.

Muitas populações situadas no Alentejo e Algarve eram também abastecidas por poços com águas suspeitas – *“raro é o poço que não tenha junto a si um charco infecto, determinado pelas dejeções dos gados que ali vão beber, ou dos animaes que tem de transportar as águas para as povoações”* (RIBEIRO, 1867, p. 103). Tal serviu para explicar a incidência de doenças endémicas que afectavam os habitantes dos vales do Tejo e Sado e das regiões do Alentejo e Algarve.

Os efeitos do uso de água de rio e de poços inquinados de matéria orgânica sobre a saúde pública não eram comparáveis, uma vez que a corrente do rio e as trocas gasosas contribuíam para a sua purificação natural, o que não acontecia com a água subterrânea circunscrita a um pequeno espaço e estagnada. Circunstância utilizada a favor da opção pela água do rio para futuro abastecimento a Lisboa.

Reconheceu diferenças significativas na composição química da água em função da sua origem. As águas superficiais eram, segundo Carlos Ribeiro, inexplicavelmente menos mineralizadas que as de nascente. Estas eram indiscutivelmente mais ricas de bicarbonato, cálcio e magnésio e, na maioria dos casos, de dióxido de carbono.

Como o rio fazia a união de todas as nascentes, a sua água deveria ter composição média entre elas, o que não se verificava. A diminuição de sais dissolvidos foi explicada pela libertação de dióxido de carbono por agitação e circulação da água no rio e nas ribeiras e conseqüente precipitação de compostos carbonatados insolúveis.

Considerou também a influência de plantas aquáticas que retiravam da água alguns elementos necessários aos seus processos vitais, como iodo, bromo, cloretos e nitratos. Nas cinzas destas plantas tinha sido encontrado ferro, sílica, carbonatos de cálcio e magnésio, fosfatos e alumina.

8 - BREVE SÚMULA CONCLUSIVA

Carlos Ribeiro foi exaustivo no seu trabalho. Estudou tudo o que era relevante, em Portugal e no estrangeiro, para melhor fundamentar as suas opiniões em relação às alternativas possíveis a recorrer no abastecimento a Lisboa. Fez um trabalho notável, criterioso e bastante evoluído para a época. Constituiu base e referência para as opções futuras de abastecimento à cidade até ficar decidida a construção da barragem de Castelo do Bode no rio Zêzere, em 1933. Estas águas constituem hoje a principal fonte de abastecimento da EPAL à cidade de Lisboa. Entretanto, foram construídos sistemas de captação nos calcários jurássicos no Alviela, Ota e Alenquer; captado o aquífero miocénico do Tejo em Valada, Lezírias e Mouchão d'Eça; as aluviões do Tejo em Valada, Quinta do Campo, Espadanal e Carregado. A inauguração da estação elevatória a vapor de Barbadinhos, em Xabregas, parte final do canal do Alviela (1871-1880), foi um acontecimento notável na cidade e festejado com pompa e circunstância (Fig. 6).

No contexto é de realçar a grandeza do cientista revelada no derradeiro parágrafo da sua obra. Neste despretensioso texto, reconhecido na simplicidade das suas palavras e perante a proposta que fez relativamente à opção pelo Aqueduto de Agualva em detrimento do da Mata proposto por M. Mary:

“Não tenho a vaidade de supôr o traçado e o sytema de aquisição que proponho isempto de defeitos ou inconvenientes, e que não possam ou não devam ser modificados, e até inteiramente substituídos; porque em fim assumptos desta ordem não podem ser cabalmente estudados em trinta dias dos mais curtos do anno e com a celeridade que me era recommendada, como aconteceu ao presente trabalho; entretanto tal como o apresento, julgo que pôde elucidar a questão, e servir de thema para discussões importantes, que conduzam ao resultado que todos desejam, que é conciliar os interesses do município de Lisboa, com os que legitimamente devem pertencer aos que se abalançaram a tão util e difficil empreza. Lisboa 13 de Fevereiro de 1857.” (RIBEIRO, 1857: 132).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. S. VELOSO DE (1851) – *Memoria sobre chafarizes, bicas, fontes e poços públicos de Lisboa, Belém e muitos logares do termo. Offerecida á Ex.mª Camara Municipal de Lisboa*. Lisboa: Na Imprensa Silviana.
- DUMAS, J. (1856) – *La science des fontaines ou moyen sur et facile de créer partout des sources d'eau potable*. Chez E. Favier et C. Valence. Hydraulica, accessed January 27, 2014, <http://hydraulica.grenet.fr/items/show/39>
- POLONCEAU, A. B. (1829) – *Notice sur quelques parties des travaux hydrauliques*. A Paris, Chez Carillan-Goery, et Delaunay, Libraire, au Palais-Royal.



Fig. 6 – Cerimónias inaugurais da estação elevatória a vapor de Barbadinhos, Xabregas, que marcou a chegada a Lisboa das águas do Alviela (Occidente 68, Fig. 2, pag. 169 com legenda).

- RIBEIRO, C. (1854) – *Considerações geraes sobre a grande conserva d'aguas projectada na ribeira de Carenque mandadas publicar pela Camara Municipal de Lisboa*. Typographia do Jornal do Commercio.
- RIBEIRO, C. (1857a) – *Reconhecimento geologico e hydrologico dos terrenos das visinhanças de Lisboa com relação ao abastecimento das aguas desta cidade*. Lisboa: Typ. da Academia Real das Sciencias de Lisboa, Vol. I, Parte 1.
- RIBEIRO, C. (1857b) – *Trabalhos apresentados á Academia: Reconhecimento geologico e hydrologico dos terrenos das visinhanças de Lisboa com relação ao abastecimento das aguas desta cidade*. Primeira parte: Geologia; Segunda parte: Hydrologia; Terceira parte: Projectos e aquisição de aguas, e da sua conducção para o Aqueducto Geral das Aguas Livres. *Annaes das Sciencias e Lettras: Sciencias Mathematicas, Historico-Naturaes, e medicas*. Lisboa: Academia Real das Sciencias de Lisboa. Secção (1-8): 247-256, 311-331, 375-389, 439-453, 503-513, 567-580, 631-644, 695-704.
- RIBEIRO, C. (1858) – *Trabalhos apresentados á Academia: Reconhecimento geologico e hydrologico dos terrenos das visinhanças de Lisboa com relação ao abastecimento das aguas desta cidade*. Terceira parte: Projectos e aquisição de aguas, e da sua conducção para o Aqueducto Geral das Aguas Livres; aqueductos, systema de aquisição de aguas e obras accessorias e Aqueducto d'Agualva . *Annaes das Sciencias e Lettras: Sciencias Mathematicas, Historico-Naturaes, e medicas*. Lisboa: Academia Real das Sciencias de Lisboa, Secção (8-9), p. 5-18, 65-76.
- RIBEIRO, C. (1867) – *Memoria sobre o abastecimento de Lisboa com aguas de nascente e águas de rio*. Lisboa: Typographia da Academia Real das Sciencias de Lisboa.
- RIBEIRO, C. (1879) – *Relatorio sobre os trabalhos da exploração de aguas nas cercanias de Bellas e do Sabugo*. *Revista de Obras Públicas e Minas*. Lisboa. 10 (116, 117), p. 408-422; 427-453; 477-510.