

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DOS INDÚSTRIAS
DE ÁGUAS MINERAIS
NATURAIS E DE NASCENTE

APIAM



ÁGUAS MINERAIS
NATURAIS
E DE
NASCENTE

EXECUÇÃO DE
UMA
CAPTAÇÃO

HENRIQUE GRAÇA
Geólogo

Biografia

HENRIQUE GRAÇA

LICENCIADO EM GEOLOGIA PELA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA, EM 1984.

MESTRE EM GEOLOGIA DE ENGENHARIA PELA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA.

DESDE 1986 QUE DESENVOLVEU SEMPRE A SUA ACITIVIDADE NO DOMÍNIO DA GEOLOGIA APLICADA, PARTICIPANDO EM DIVERSOS PROJECTOS E OBRAS, COM PARTICULAR DESTAQUE NO ÂMBITO DA HIDROGEOLOGIA.

DESEMPENHA AS FUNÇÕES DE DIRECTOR TÉCNICO NALGUMAS CONCESSÕES DE ÁGUA MINERAL NATURAL, PRESTANDO ASSISTÊNCIA TÉCNICA E CONSULTORIA A DIVERSAS EXPLORAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.

ACTUALMENTE EXERCE A SUA ACTIVIDADE PROFISSIONAL NA FIRMA DATAGEO – TECNOLOGIAS DE GEOLOGIA E AMBIENTE, LDA.

Índice

1.		
INTRODUÇÃO		8
1.1 – OBJECTIVOS		8
1.2 – ENQUADRAMENTO JURÍDICO		8
1.2.2 – Águas minerais naturais		8
1.2.3 – Águas de nascente		9
1.2.4 – Autorizações, licenciamentos e planos de trabalho		10
1.2.4.1 – Águas minerais		10
1.2.4.2 – Águas de nascente		11
1.2.4.3 – Síntese do enquadramento jurídico		11
1.2.5 – Empresas executantes de furos de captação de água		13
2.		
FASES DO PROCESSO		14
3.		
PROJECTO DA CAPTAÇÃO		19
3.1 – ESTRUTURA E PROFUNDIDADES		19
3.2 – SELECÇÃO DOS DIÂMETROS DE PERFURAÇÃO		21
4.		
PROGRAMA DE CONCURSO		26
4.1 – CRITÉRIOS DE SELECÇÃO DA EMPRESA		26
4.2 – CADERNO DE ENCARGOS		27
4.3 – LISTA DE PREÇOS E ESTIMATIVA DE CUSTOS		31
4.4 – ESQUEMA DO PROJECTO DA CAPTAÇÃO		33
4.5 – ANÁLISE DAS PROPOSTAS		33

5.		
FISCALIZAÇÃO DA OBRA		35
6.		
TRABALHOS PREPARATÓRIOS		36
6.1 – REUNIÃO PREPARATÓRIA.....		36
6.2 – ARRANQUE DOS TRABALHOS		37
7.		
EXECUÇÃO DA CAPTAÇÃO		39
7.1 – SÍNTESE DAS FASES DE EXECUÇÃO DE UMA CAPTAÇÃO		39
7.2 – FASE DE PERFURAÇÃO		43
7.2.1 - Perfuração destrutiva e não destrutiva.....		43
7.2.2 - Sondas de perfuração		44
7.2.3 – Ferramentas de corte.....		49
7.2.3.1 – Furação destrutiva		49
7.2.3.2 – Furação com amostrador.....		53
7.2.4 – Métodos de furação		54
7.2.4.1 - Principais métodos.....		54
7.2.4.2 - Rotopercussão.....		54
7.2.4.3 - Rotação ou “Rotary”.....		55
7.2.4.4 - Rotação com amostrador.....		56
7.2.5 – Sistemas de circulação dos fluídos.....		58
7.2.5.1 - Sistema de circulação directa.....		58
7.2.5.1.1 - Método de Rotopercussão com circulação directa.....		58
7.2.5.1.2 - Método de Rotação, ou Rotary, com circulação directa.....		63
7.2.5.2 – Circulação inversa.....		64
7.2.5.2.1 – Método de Rotação, ou Rotary, com circulação inversa.....		64
7.2.5.2.2 – Método de Rotopercussão com circulação inversa.....		69
7.2.6 – Fluídos de circulação		70
7.2.6.1 – Tipos de fluídos		70
7.2.6.2 – Ar		70
7.2.6.3 – Água.....		72
7.2.6.4 – Lamas de estabilização.....		72
7.2.7 – Controlo da verticalidade da perfuração		82
7.2.8 – Diagrafias.....		84
7.2.9 – Controlo hidrogeológico do avanço.....		87
7.3 – SELANTES PARA ISOLAMENTOS.....		92
7.3.1 – Definições.....		92
7.3.2 – Tipos de selantes		92

7.3.2.1 – Aspectos gerais.....	92
7.3.2.2 – Argilas expansivas.....	93
7.3.2.2.1 – Caracterização geral	93
7.3.2.2.2 – Modo de aplicação.....	94
7.3.2.2.3 – Vantagens	95
7.3.2.2.4 – Desvantagens	96
7.3.2.3 – Calda de cimento	96
7.3.2.3.1 – Caracterização geral	96
7.3.2.3.2 – Adjuvantes	98
7.3.2.3.3 – Controlo de qualidade da calda de cimento.....	99
7.3.2.3.4 – Factores condicionantes da injeção	102
7.3.2.3.5 – Preparação da calda de cimento	105
7.3.2.3.6 – Bombas de injeção.....	106
7.3.2.3.7 – Vantagens	107
7.3.2.3.8 – Desvantagens	107
7.3.2.4 – Argamassas de betão	108
7.4 – TUBAGENS DE ISOLAMENTOS INTERCALARES.....	109
7.4.1 – Aspectos gerais.....	109
7.4.2 – Tubo guia.....	110
7.4.3 – Tipos de tubagens de isolamentos intercalares	110
7.5 – INJEÇÕES	112
7.5.1 – Considerações gerais	112
7.5.2 – Tipos de injeções	112
7.5.2.1 – Principais metodologias.....	112
7.5.2.2 – Injeção simples de avanço, com reperfuração.....	112
7.5.2.3 – Selagem do pé ou base da perfuração	114
7.5.2.4 – Injeção anelar directa.....	117
7.5.2.5 – Injeção central com ascensão anelar.....	120
7.5.2.5.1 – Principais metodologias.....	120
7.5.2.5.2 – Com contrapressão à boca do furo.....	120
7.5.2.5.3 – Com contrapressão com obturador simples em profundidade	124
7.5.2.5.4 – Com cravação da tubagem de revestimento intercalar	127
7.5.2.5.5 – Com isolamento total da cabeça e contrapressão com água	127
7.6 – CONSTRUÇÃO DA CAPTAÇÃO	129
7.6.1 – Tubagem de revestimento definitivo	129
7.6.1.1 – Aspectos gerais.....	129
7.6.1.2 – Composição dos materiais	132
7.6.1.2.1 – Tipos de revestimentos mais utilizados	132
7.6.1.2.2 – Revestimento definitivo em aço inox	133
7.6.1.2.2.1 – Características gerais	133
7.6.1.2.2.2 – Vantagens	135
7.6.1.2.2.3 – Desvantagens	137
7.6.1.2.2.4 – Ligações entre tubagens de aço inox	140

7.6.1.2.3 – Revestimento definitivo em PVC	148
7.6.1.2.3.1 – Características gerais	148
7.6.1.2.3.2 – Vantagens	148
7.6.1.2.3.3 – Desvantagens	149
7.6.1.2.3.4 – Ligações entre as tubagens em PVC	151
7.6.1.3 – Opção quanto ao tipo de material de revestimento definitivo	156
7.6.1.4 – Tubo ralo	156
7.6.1.4.1 – Aspectos gerais	156
7.6.1.4.2 – Características dos ralos	156
7.6.1.4.2.1 – Área aberta	156
7.6.1.4.2.2 – Caudal específico dos tubos ralos	157
7.6.1.4.2.3 – Resistência à compressão	157
7.6.1.4.2.4 – Oxidação e corrosão	157
7.6.1.4.2.5 – Espessura dos rasgos	157
7.6.1.4.2.6 – Geometria dos ralos	158
7.6.1.4.2.7 – Facilidade de limpeza e desenvolvimento da captação	158
7.6.1.4.3 – Tipo de tubos ralos	158
7.6.1.4.3.1 – Aspectos gerais	158
7.6.1.4.3.2 – Tubos ralo com fiadas de rasgos horizontais	160
7.6.1.4.3.2.1 – Características	160
7.6.1.4.3.2.2 – Vantagens e desvantagens	161
7.6.1.4.3.3 – Ralos verticais em ponte	162
7.6.1.4.3.3.1 – Características	162
7.6.1.4.3.3.2 – Vantagens e desvantagens	163
7.6.1.4.3.4 – Ralos com rasgos verticais ou em arco	163
7.6.1.4.3.4.1 – Características	163
7.6.1.4.3.4.2 – Vantagens e desvantagens	165
7.6.1.4.3.5 – Ralos de fio trapezoidal ou triangular contínuo em espiral	165
7.6.1.4.3.5.1 – Características	165
7.6.1.4.3.5.2 – Vantagens e desvantagens	167
7.6.1.4.4 – Localização e extensão dos tubos ralos	168
7.6.1.5 – Centralizadores das tubagens de revestimento definitivo	169
7.6.2 – Maciço drenante	171
7.6.2.1 – Definição e função	171
7.6.2.2 – Granulometria do seixo	172
7.6.2.3 – Características do areão	175
7.6.2.4 – Desinfecção do areão	175
7.6.2.5 – Colocação do areão	176
7.6.2.6 – Extensão do maciço	177
7.7 – DESENVOLVIMENTO E LIMPEZA	177
7.7.1 – Fundamento	177
7.7.2 – Métodos de desenvolvimento	180
7.7.2.1 – Aspectos gerais	180
7.7.2.2 – Métodos hidro-mecânicos	181

7.7.2.2.1 – Principais tipos.....	181
7.7.2.2.2 – Injecção de ar comprimido directo axial.....	182
7.7.2.2.3 – Injecção de ar comprimido directo lateralmente.....	183
7.7.2.2.4 – Hidrojacto – injecção de água a alta pressão.....	184
7.7.2.2.5 – Escovagem.....	184
7.7.2.2.6 – Sistema de aspiração por air-lift com duas mangueiras ou duas tubagens.....	186
7.7.2.2.6.1 – Fundamento do método.....	186
7.7.2.2.6.2 – Método com insuflador.....	186
7.7.2.2.6.3 – Método das duas tubagens sobrepostas.....	189
7.7.2.2.6.4 – Ponteiras dos dispositivos de aspiração.....	190
7.7.2.2.7 – Sobrebombagem cíclica.....	190
7.7.2.2.8 – Bombagem cíclica.....	191
7.7.2.2.9 – Bombagem focalizada, com obturador duplo ralo a ralo, ou obturador simples para um conjunto de ralos.....	191
7.7.2.3 – Métodos químicos.....	193
7.7.2.3.1 – Produtos químicos.....	193
7.7.2.3.2 – Sequência e metodologia de aplicação.....	193
7.8 – ENDOSCOPIAS.....	194
7.9 – DESINFECÇÃO DA CAPTAÇÃO.....	201
7.9.1 – Considerações gerais.....	201
7.9.2 – Metodologia de aplicação da solução bactericida.....	204
8.	
RELATÓRIO FINAL	206
9.	
AGRADECIMENTOS	210
10.	
LEGISLAÇÃO REFERENCIADA	211
11.	
NORMAS E ESPECIFICAÇÕES REFERENCIADAS	212
12.	
BIBLIOGRAFIA	214

INTRODUÇÃO

1.1 – Objectivos

A execução de furos de captação de águas minerais ou de nascente tem especificidades próprias decorrentes das exigências de pureza bacteriológica e de um perfil hidroquímico concreto das águas a captar, o que implica uma maior exigência técnica e metodológica na sua realização.

Convém, desde já salientar, que a abordagem que aqui se empreende não deve ser entendida como um receituário, ou um prontuário, para a realização de captações de água subterrâneas, o que seria impossível pois, cada caso é um caso.

O presente texto consiste na descrição das diferentes fases de execução e construção de uma captação de água mineral natural, dando particular ênfase aos aspectos que visem e reforcem a obtenção da melhoria da qualidade na realização de um furo de água para fins termais, e por extensão de actividade nalguns casos, também para engarrafamento. Estes procedimentos e recomendações são também extensíveis às designadas águas de nascente, que embora não sejam aplicáveis em tratamentos termais, requerem semelhantes cuidados de captação.

Pretende-se, fundamentalmente elucidar, de forma genérica, os responsáveis ou interessados pela exploração de águas minerais ou de nascente para as particularidades e especificidades da execução das mesmas, e também para as consequências que determinados procedimentos menos apropriados podem vir a ter. Além disso, apresentam-se diversas recomendações relacionadas com aspectos processuais sobre autorizações, elaboração de caderno de encargos e acompanhamento dos trabalhos.

1.2 – Enquadramento Jurídico

1.2.1 – Código civil

O regime jurídico português considera, no artigo 1385º do código civil a existência de dois domínios de titularidade, público ou privado, para as águas subterrâneas existentes no território nacional., ao indicar que “As águas são públicas ou particulares; as primeiras estão sujeitas ao regime estabelecido em leis especiais e as segundas às disposições dos artigos seguintes.”

Considera-se vantajoso, mesmo necessário, esclarecer os diferentes domínios jurídicos, público ou privado, a que as águas minerais naturais e as águas de nascente se encontram sujeitas, pois a sua integração legislativa implica diferentes aspectos de autorização e licenciamento para a execução das respectivas captações, aspectos que serão abordados na alínea seguinte.

1.2.2 – Águas minerais naturais

No artigo 84º da Constituição da República Portuguesa, onde se define o Domínio Público do Estado, encontram-se incluídas, na sua alínea c), “as nascentes de águas mineromedicinais”, designação alterada no decreto-lei 90/90, de 16 de Março, pela de “águas minerais naturais”. Na alínea b), do nº 2, do artigo 1º do mesmo decreto-lei, os recursos hidrominerais encontram-se integrados no domínio público do Estado. Por sua vez, as águas minerais naturais são consideradas, na alínea a) do nº 1 do artigo 3º daquele decreto-lei como um recurso hidromineral, logo sendo incluídas no domínio público do Estado.

A definição de água mineral é apresentada no nº 2 do artigo terceiro daquele diploma, onde se menciona que: “Água mineral natural é uma água considerada bacteriologicamente própria, de circulação profunda, com particularidades físico-químicas estáveis na origem dentro da gama de flutuações naturais, de que resultam propriedades terapêuticas ou simplesmente efeitos favoráveis à saúde”.

Na Lei nº 54/2005 de 15 de Março, que estabelece a titularidade dos recursos hídricos, não existe, curiosamente, qualquer menção às águas minerais naturais como pertencendo ao domínio público do estado, nem mesmo no seu artigo 7º onde se empreende uma breve referência a alguns casos de domínio público das águas subterrâneas.

No entanto, aquela Lei prevê, no seu artigo 9º, a possibilidade da gestão de bens do domínio público hídrico, como é o caso das águas minerais naturais, por entidades de direito privado “ao abrigo de um obtenção de um título de utilização, emitido pela autoridade pública competente para o respectivo licenciamento”.

Além disso, na designada “Lei da Água”, que corresponde à Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro, refere-se no nº 2 do artigo 2º que “O disposto na presente lei não prejudica a aplicação dos regimes especiais relativos, nomeadamente, às águas para consumo humano, aos recursos hidrominerais geotécnicos e águas de nascente, às águas destinadas a fins terapêuticos e às águas que alimentem piscinas e outros recintos com diversões aquáticas.”, o que realça o carácter específico da legislação que rege a utilização das águas minerais naturais e das águas de nascente em Portugal.

O aproveitamento, pesquisa, licenciamento e exploração das águas minerais é definido no Decreto-Lei nº 86/90 de 16 de Março.

A entidade do Estado que tutela todas as actividades relacionadas com as águas minerais naturais é a Divisão de Recursos Hidrogeológicos, Geotérmicos e do Petróleo, da Direcção Geral de Energia e Geologia, sediada na avenida 5 de Outubro nº 87, em Lisboa.

1.2.3 – Águas de nascente

A definição de água de nascente consta no artigo 6º do Decreto-Lei 90/90, de 16 de Março, onde se indica que: “Para efeitos do presente diploma, entende-se por águas de nascente as águas subterrâneas naturais que se não integrem no conceito de recursos hidrominerais, desde que na origem se conservem próprias para beber.”

Segundo o preceituado do nº 3 do artigo 1º do mesmo diploma, as águas de nascente “Não se integram no domínio público do Estado, podendo ser objecto de propriedade privada ou outros direitos reais, ...”.

A definição da propriedade das águas subterrâneas, particulares ou privadas, é estabelecida no artigo 1386º do código civil, onde se indica que são particulares “as águas que nascerem em prédio particular...” e as “as águas subterrâneas existentes em prédios particulares”.

Os aspectos relacionados com a legislação das águas subterrâneas em propriedade privadas encontram-se dispersos entre os artigos 1385º e o 1497º do código civil.

Embora o artigo 1394º refira que “É lícito ao proprietário procurar águas subterrâneas no seu prédio, por meio de poços ordinários ou artesianos, minas ou quaisquer escavações, contanto que não prejudique direitos que terceiro haja adquirido por título justo.” a gestão da exploração das águas subterrâneas privadas rege-se pela Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro, cuja

aplicação é assegurada e regida, a nível nacional, pela Autoridade Nacional da Água, representada pelo Instituto da Água (INAG).

A nível regional a gestão das águas subterrâneas privadas encontra-se dividida em dez regiões hidrográficas, definidas no artigo 6 da Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro. A gestão das águas subterrâneas, incluindo o respectivo planeamento e fiscalização, de cada região hidrográfica encontra-se atribuída a uma Administração de Região Hidrográfica (ARH).

A definição, qualificação, classificação, aproveitamento, licenciamento de exploração, perímetro de protecção, e aproveitamento, das águas de nascente é regulamentada pelos decreto-lei nº 90/90 e nº 84/90, ambos de 16 de Março.

Pelo exposto verifica-se que a exploração das águas de nascente se rege, por um lado, pela jurisprudência das águas subterrâneas em geral, nomeadamente a Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro e os Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei n.ºs 391-A/2007, de 21 de Dezembro e Decreto-Lei 93/2008, de 4 de Junho, bem como pelo Decreto-Lei 97/2008, de 11 de Junho, no que respeita à pesquisa, utilização e exploração das águas subterrâneas privadas, enquanto que no âmbito da sua definição, qualificação, classificação, aproveitamento e licenciamento de exploração, são também abrangidas pela legislação expressa nos decreto-lei nº 90/90 e nº 84/90, ambos de 16 de Março.

1.2.4 – Autorizações, licenciamentos e planos de trabalho

1.2.4.1 – Águas minerais

A solicitação, pelo concessionário de uma concessão de água mineral natural já existente, da autorização para a execução de uma nova captação dentro da área da concessão deve, de acordo com o artigo 4º do Decreto-Lei 86/90 de 16 de março, ser apresentada mediante requerimento ao Ministro da Economia e entregue na Direcção Geral de Energia e Geologia. Este requerimento deverá ser acompanhado pela localização da captação, por uma memória descritiva detalhada e fundamentada dos trabalhos que serão empreendidos, a indicação da empresa que procederá à execução da captação e por uma análise técnico-económica sobre os investimentos envolvidos. A realização da captação só poderá ser empreendida após deferimento do requerimento e informação ao Concessionário pela Direcção Geral.

No caso de se pretender estabelecer uma concessão de água mineral natural, onde ainda não existam furos de captação que captem o aquífero pretendido, torna-se necessário solicitar, mediante requerimento ao Ministro da Economia e entregue na Direcção Geral de Energia e Geologia, a atribuição de direitos de prospecção e pesquisa de água mineral, tal como previsto no artigo 4º do Decreto-Lei 86/90 de 16 de Março, para a área em questão. Este requerimento deverá ser acompanhado pela localização da captação, uma fundamentação técnica, um plano dos trabalhos previstos, a indicação da empresa que procederá à execução da captação e por uma análise técnico-económica sobre os investimentos envolvidos, tal como indicado no nº 1 do artigo 4º do Decreto-Lei 86/90 de 16 de Março.

Em caso de deferimento do pedido, será celebrado um contrato entre o Estado e o requerente para a atribuição de direitos de prospecção e pesquisa de água mineral natural para a área aceite pela Direcção Geral.

Os procedimentos detalhados inerentes ao processo de atribuição de uma área de prospecção e pesquisa de água mineral natural, constam nos artigos 4º a 15º do Decreto-Lei 86/90 de 16 de Março.

1.2.4.2 – Águas de nascente

A execução e exploração de captações para aproveitamento de água de nascente carece de autorização prévia ou título de utilização, que se encontra previsto no n.º 1 do artigo 62.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, desde que os meios de extracção da água sejam superiores a 5 CV.

No caso dos meios de extracção da água subterrânea serem iguais ou inferiores a 5 CV, não se torna necessária a obtenção de uma autorização ou título de utilização, desde que não decorra impacte significativos no estado da água, tal como preceitua o n.º 4, do artigo 62.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. Caso a entidade competente considere que existem impactes negativos, a realização da captação implica a solicitação de autorização prévia ou título de utilização.

O requerimento da autorização prévia ou título de utilização, ou a comunicação prévia, sobre a execução de furos de captação de águas subterrâneas devem ser dirigidos à respectiva Administração de Região Hidrográfica (ARH), da bacia hidrográfica em que a captação a realizar se inscreve, tal como previsto na alínea b) do n.º 6 do artigo 9.º da Lei da Água e no artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, com as alterações introduzidas pelos Decretos-Lei n.ºs 391-A/2007, de 21 de Dezembro e 93/2008, de 4 de Junho.

Após a conclusão da captação o requerente dispõe de 60 dias para, junto da respectiva Administração de Região Hidrográfica (ARH) apresentar o relatório final segundo os critérios e conteúdos previsto em formulário próprio, facultado por aquela entidade licenciadora, designado “Minuta do relatório final da fase de pesquisa de águas subterrâneas”, tal como previsto no n.º 3 do artigo 41.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.

Uma vez obtido o título de utilização o requerente fica sujeito, tal como estipulado no artigo 4.º do Decreto-Lei 97/2008, de 11 de Junho a uma taxa de recursos hídricos, cuja incidência e opções de cálculo de forma directa e indirecta são definidas no referido diploma, embora a referida taxa se encontre condicionada por eventuais impactes negativos relacionados com a potência de extracção instalada e com o volume anual extraído, tal como descrito no n.º 5 do Despacho n.º 14872/2009 de 02 Julho, sobre normas para a utilização dos recursos hídricos públicos e particulares.

Para a listagem geral e temática da legislação das águas subterrâneas e recursos hídricos em geral, assim como das minutas para autorizações e licenciamentos de captações particulares, recomenda-se a consulta site do INAG: www.inag.pt/sniturh_guias/docs/publico.

Só após a legalização da captação através da obtenção do respectivo título de utilização junto da ARH é que se poderá iniciar o processo de licenciamento como água de nascente da água captada, seguindo-se os tramites previstos no artigo 4.º do Decreto-Lei 84/90 de 16 de Março.

1.2.4.3 – Síntese do enquadramento jurídico

Em face do exposto até aqui e de modo a situar as águas minerais no panorama legislativo nacional apresenta-se, no quadro seguinte, uma síntese do enquadramento daquelas águas relativamente às restantes águas (de nascente e potáveis) comercializáveis ou aplicáveis em tratamentos termais ou não termais.

Classificação da água	Domínio	Aplicações/destinos	Principal legislação relacionada
Água mineral	Público	- Termalismo - Engarrafamento - Tratamentos de Bem Estar (SPA)	Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro Decreto-lei nº 142/2004, de 11 de Junho Decreto-lei nº 72/2004, de 25 de Março Decreto-lei nº 268/2002, de 27 de Novembro Portaria nº 1220/ 2000, de 29 de Dezembro Decreto-lei nº 156/98, de 06 de Junho Portaria n.º 703/96, de 6 de Dezembro Decreto-lei nº 90/90, de 16 de Março Decreto-lei nº 86/90, de 16 de Março
Água de nascente	Privado	- Engarrafamento - Tratamentos de Bem Estar (SPA)	Despacho nº 14872/2009 de 02 Julho Decreto-Lei nº 97/2008, de 11 de Junho Decreto-Lei n.º 93/2008, de 4 de Junho Decreto-Lei n.º 391-A/2007, de 21 de Dezembro Decreto-lei nº 306/2007 de 27 de Agosto Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro Decreto-lei nº 156/98, de 06 de Junho Decreto-lei nº 90/90, de 16 de Março Decreto-lei nº 84/90, de 16 de Março
Água potável tratada		- Engarrafamento - Tratamentos de Bem Estar (SPA) - Abastecimento Público	Despacho nº 14872/2009 de 02 Julho Decreto-Lei nº 97/2008, de 11 de Junho Decreto-Lei n.º 93/2008, de 4 de Junho Decreto-Lei n.º 391-A/2007, de 21 de Dezembro Decreto-lei nº 306/2007 de 27 de Agosto Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro Decreto-lei 236/98 de 1 de Agosto

Despacho nº 14872/2009, de 02 Julho – define normas para a utilização dos recursos hídricos públicos e particulares.

Decreto-Lei n.º 93/2008, de 4 de Junho – segunda alteração ao Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

Decreto-Lei 97/2008, de 11 de Junho – estabelece os regime económico e financeiro dos recursos hídricos.

Decreto-Lei n.º 391-A/2007, de 21 de Dezembro - primeira alteração ao Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

Decreto-lei 306/2007, de 27 de Agosto - Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano.

Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio – Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro - aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro – estabelece a titularidade dos recursos hídricos.

Decreto-lei nº 142/2004, de 11 de Junho - estabelece as novas regras no domínio do licenciamento dos estabelecimentos termais, da organização, do funcionamento e da fiscalização do sector.

Decreto-lei 72/2004, de 25 de Março - transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 2003/40/CE, da Comissão, de 16 de Maio, que estabelece a lista, os limites de concentração e as menções constantes do rótulo para os constituintes das águas minerais naturais, bem como as condições de utilização do ar enriquecido em ozono para o tratamento das águas minerais naturais e das águas de nascente.

Decreto-lei 268/2002, de 27 de Novembro - estabelece as regras relativas ao reconhecimento das águas minerais naturais e as características e condições de a observar nos tratamentos, rotulagem e comercialização das águas minerais naturais e as águas de nascente.

Portaria nº 1220/ 2000, de 29 de Dezembro - estabelece as condições que as águas minerais naturais e as águas de nascente devem obedecer, na captação, para poderem ser consideradas bacteriologicamente próprias, em estabelecimentos termais e nos balneários dos estabelecimentos termais.

Decreto-lei 236/98, de 1 de Agosto - estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhoria da qualidade das águas. Normas de qualidade das águas.

Decreto-lei 156/98, de 06 de junho - estabelece as regras relativas ao reconhecimento das águas minerais naturais e as características e condições a observar nos tratamentos, rotulagem e comercialização das águas minerais e águas de nascente.

Decreto-lei nº 90/90, de 16 de Março - regime geral de revelação e aproveitamento dos recursos geológicos.

Decreto-lei nº 86/90, de 16 de Março - regulamento de exploração das águas minerais.

Decreto-lei nº 84/90, de 16 de Março - regulamento de exploração das águas de nascente.

1.2.5 – Empresas executantes de furos de captação de água

O regime de licenciamento das empresas que realizam furos de prospecção, pesquisa e captação de água subterrânea ou a montagem de equipamentos de extracção daquelas águas encontra-se definido no Decreto-Lei nº 133/2005 de 17 de Agosto, alterado pelo Decreto-Lei nº 84/2011 de 20 de Junho.

Para exercerem a sua actividade aquelas empresas, de acordo com os referidos Decretos-lei, estão sujeitas à obtenção de uma licença para efeitos de protecção do ambiente e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.

No sentido de promover um incremento da qualificação técnica, a legislação vigente, acima referida, obriga as empresas licenciadas a possuírem um técnico responsável com formação académica em Geologia, Engenharia Geológica, Engenharia de Minas ou Engenharia dos Recursos Hídricos.

A licença para o exercício deste tipo de actividade é requerida junto da Administração de Região Hidrográfica (ARH) existente na área da sede social ou domicílio da entidade requerente.

A implementação deste licenciamento, e atribuição de alvarás, permitiu a criação de uma base de dados que proporciona, em certa medida, um melhor conhecimento sobre os meios técnicos e humanos das empresas de execução de furos em Portugal. Estas bases de dados encontram-se disponíveis ao público, por via electrónica, nas plataformas de algumas Administrações Regionais Hidrográficas.

Antes de qualquer consulta o Dono de Obra deverá confirmar junto da respectiva ARH da sede da empresa que pretende contactar, se a mesma se encontra licenciada e se a licença se encontra válida.

2.**FASES DO PROCESSO**

A execução de uma captação de água mineral natural implica um conjunto de procedimentos sequenciais que se iniciam num estudo geológico e hidrogeológico no qual se deve fundamentar o projecto da captação. As características, âmbito e composição daqueles estudos geológicos e hidrogeológicos foram apresentados no primeiro fascículo, elaborado pelo Dr. Vieira da Silva, desta série de cadernos temáticos referentes às captações de água mineral editados pela Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente.

Os referidos estudos hidrogeológicos devem permitir definir, com razoável aproximação, a localização mais adequada da captação a realizar, a sua profundidade, a espessura estimada do aquífero de água mineral, e o tipo de formações a intersectar durante a fase de perfuração. É sempre difícil determinar o caudal expectável, pois tal depende de condições por vezes muito específicas e locais do aquífero a captar, que só serão conhecidas durante a fase de perfuração. No entanto, será possível, em face do tipo de formações, e em especial quando existem já outras captações na zona que captam o mesmo aquífero, definir com um prudente grau de aproximação, uma gama expectável para o caudal de exploração.

Por vezes os estudos hidrogeológicos são acompanhados pela execução de sondagens de prospecção e pesquisa, no sentido de se obter um conhecimento mais detalhado do modelo hidrogeológico conceptual local do aquífero de água mineral, de modo a elaborar um projecto de captação mais detalhado e rigoroso, assim como aferir a localização e profundidade mais adequada da captação definitiva. Tratam-se de perfurações de diâmetro menor que o diâmetro de uma captação definitiva. Algumas destas sondagens poderão ser convertidas em captações definitivas. Convém salientar que qualquer perfuração dentro da área da concessão de água mineral, mesmo de pequenas sondagens de prospecção e pesquisa, deverá ser previamente autorizada pela Tutela, devendo empreender-se todos os procedimentos que são descritos para a solicitação da autorização de uma captação definitiva tal como em seguida se apresenta.

Tal como referido, o estudo geológico e hidrogeológico deverá conduzir à elaboração de um projecto da captação definitiva adequado às condições hidrogeológicas locais, à localização do aquífero de água mineral em profundidade e aos níveis aquíferos de água não mineral a isolar. Este projecto da captação é, em geral, composto por uma memória descritiva, por um esquema construtivo da captação e por uma planta com a localização da captação.

Este projecto da captação constituirá, na fase subsequente, parte integrante do caderno de encargos que será colocado a concurso entre empresas da especialidade previamente seleccionadas.

Após o concurso para a empreitada da execução da captação procede-se à selecção da melhor proposta, com base nos critérios técnicos e económicos previamente definidos no programa de concurso.

Uma vez seleccionada a melhor proposta e respectivo empreiteiro da obra torna-se necessário solicitar autorização à Tutela, para a execução da nova captação na área da concessão, através de carta dirigida ao ministro do organismo tutelar, actualmente o ministro da economia. Convém salientar que, o deferimento do pedido por vezes tem-se revelado extremamente moroso, constando-se casos que atingiram cerca de um ano. O pedido de autorização para a execução de uma captação, ou sondagem de prospecção e pesquisa, deverá ser acompanhado por uma memória descritiva do programa de trabalhos, por um esquema construtivo da captação, por uma planta de localização, por um cronograma dos trabalhos previstos, pelo nome do empreiteiro seleccionado, e por uma estimativa financeira dos custos globais da obra.

Uma vez obtida a autorização para a realização de uma sondagem de prospecção e pesquisa, ou para a captação de água mineral, deverá ser adjudicada a obra ao empreiteiro e proceder-se à elaboração e assinatura do respectivo contrato.

A obra deverá iniciar-se com a montagem e preparação do estaleiro, da plataforma de trabalho no local da perfuração e com o transporte e posicionamento da sonda de perfuração.

Antes dos trabalhos deverá ser realizada uma reunião em obra com a participação do dono da obra, do projectista, da fiscalização e do empreiteiro, tal como adiante se detalha.

A execução da captação inicia-se com uma fase de perfuração e de isolamentos intercalares das paredes do furo, complementada com um controlo hidrogeológico e realização de diagrfias. Durante esta fase haverá, por certo, que proceder a adaptações do projecto da captação em função dos dados hidrogeológicos obtidos e dos registos das diagrfias, entre outras informações.

Concluída a perfuração e isolados os níveis de aquífero de água não mineral segue-se uma fase de construção da captação composta pela colocação do revestimento definitivo, pelo maciço drenante e pelo isolamento final do sector acima do maciço drenante.

Construída a captação passa-se a uma fase de limpeza e desenvolvimento do furo com o intuito de promover e facilitar o afluxo de água e ao mesmo tempo remover eventuais lamas ou detritos de furação, remanescentes na envolvente do furo ou no maciço drenante. Esta fase é complementada com uma desinfeção da captação mediante a introdução de uma solução bactericida de baixa concentração.

Para a caracterização hidráulica da captação e o dimensionamento definitivo da bomba submersível é realizado um ensaio de bombagem escalonado, o qual é complementado com um ensaio de bombagem de longa duração seguido por um ensaio de recuperação para caracterização hidráulica do aquífero.

Procede-se em seguida à instalação da bomba submersível e respectiva tubagem de adução, assim como dos dispositivos de monitorização como sejam o caudalímetro, sondas guarda-nível, sonda de aferição do nível da água no furo, sondas para medição de pH, temperatura, condutividade, entre outros parâmetros, válvulas de corte e desvios para esgoto, assim como uma torneira de colheita asséptica específica para amostragem de água a colocar junto à cabeça da captação na tubagem de adução. Estas operações são complementadas com o isolamento da cabeça da captação com uma flange no cabeçote do furo perfeitamente estanque, e a colocação de um filtro de ar de qualidade microbacteriológica para compensação da variação das pressões no interior da captação aquando das oscilações do nível da água decorrente das diferentes fases de exploração do mesmo.

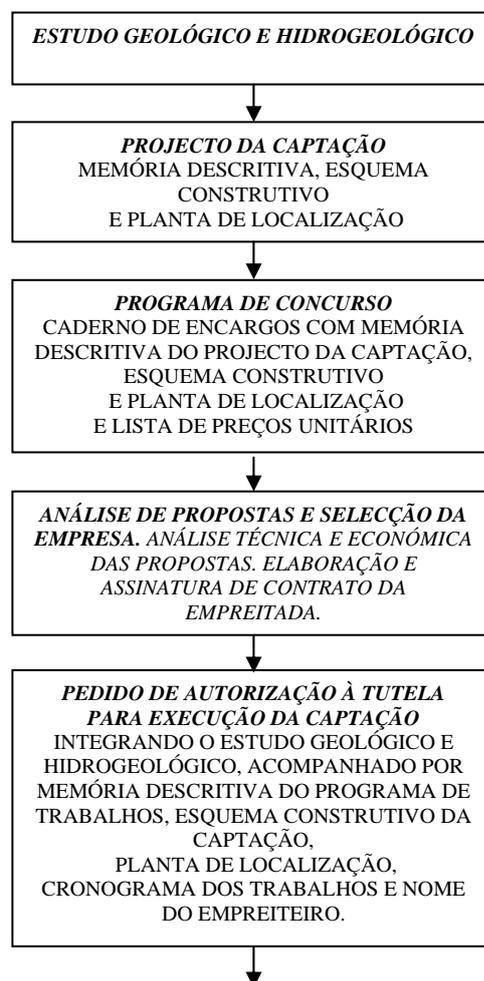
Concluída a construção da captação o empreiteiro deverá proceder à entrega, ao dono da obra, do relatório final da captação, das partes diárias e das amostras de furação devidamente acondicionadas, etiquetadas e identificadas.

Haverá que proceder posteriormente à monitorização hidroquímica e bacteriológica da água da captação seguindo o preceituado no Decreto-lei 86/90, de 16 de Março. No caso de se tratar de uma primeira captação de uma concessão o período de monitorização deverá corresponder a um ano de colheitas mensais. No caso de existirem já outras captações de água mineral na concessão aquele período de monitorização é reduzido para seis meses.

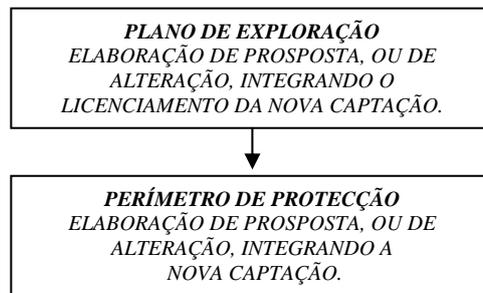
Após o período de monitorização e a obtenção de todos os boletins analíticos previstos na legislação, é elaborada uma proposta de Plano de Exploração, ou uma proposta de alteração do plano vigente no caso de já existirem outras captações licenciadas na concessão, no sentido de obter o licenciamento da nova captação e integrá-la no Plano de Exploração da concessão.

Após o licenciamento da captação haverá que definir e submeter à aprovação da tutela o Estudo do Perímetro de protecção, definindo de forma fundamentada as três zonas de protecção previstas na legislação. No caso de já existir um Perímetro de Protecção aprovado, haverá que apresentar uma reformulação do Perímetro de Protecção no sentido de adaptar o mesmo à localização da nova captação de água mineral.

Apresenta-se, em seguida, o fluxograma com a síntese dos diferentes procedimentos associados à execução de uma captação de água mineral, desde o estudo hidrogeológico inicial até ao estabelecimento do Perímetro de Protecção.







O tempo que medeia entre o início do estudo geológico e hidrogeológico e a aprovação da proposta do Plano de Exploração é, em geral, da ordem de dois anos, dependendo da extensão da captação e do facto de se tratar da primeira captação ou de já existirem outras captações licenciadas na concessão de água mineral. Pretende-se com esta informação sensibilizar os concessionários e decisores para o facto de que a execução de uma nova captação de água mineral é um processo moroso, devendo ser programado com bastante antecipação em relação às eventuais futuras necessidades de água mineral.

Haverá ainda que ter em consideração que o período de serviço ou tempo de vida de uma captação não é eterno. Não é possível quantificar o período de vida de uma captação pois o mesmo depende das características das águas captadas, da qualidade da construção da captação, do tipo de materiais aplicados, dos isolamentos realizados, do tipo de exploração implementado, da frequência de limpezas e desinfecções realizadas. São de facto várias as variáveis que influenciam o período de vida útil de uma captação. A experiência, e as endoscopias realizadas a captações de água mineral, têm revelado que o período de vida de uma captação pode resumir-se, nos casos mais problemáticos a escassos dois a três anos, existindo contudo captações que permanecem perfeitamente operacionais e em bom estado de conservação ao fim de mais de trinta anos de serviço permanente.

Por outro lado, recomenda-se que qualquer empreendimento de água mineral ou de água de nascente disponha sempre de, pelo menos, duas captações alternativas com produtividades semelhantes. A segunda captação, designada como furo de reserva, deverá garantir a actividade do empreendimento caso se observe algum problema que inviabilize a utilização da outra captação, tais como substituição da bomba submersível, trabalhos de manutenção com limpeza e desenvolvimento ou, na pior das hipóteses, no colapso da coluna de revestimento.

Neste documento serão retomados e descritos com maior detalhe os aspectos relacionados com a evolução do processo desde a fase de elaboração do projecto da captação até ao relatório final da mesma. Os aspectos relacionados com a caracterização hidráulica da captação, a monitorização da captação, o plano de exploração e o perímetro de protecção serão abordados nos cadernos subsequentes desta série temática.

3.

PROJECTO DA CAPTAÇÃO

3.1 – Estrutura e profundidades

Não existe qualquer receituário para a realização de uma captação de água subterrânea. Tal como referido anteriormente, cada caso é um caso.

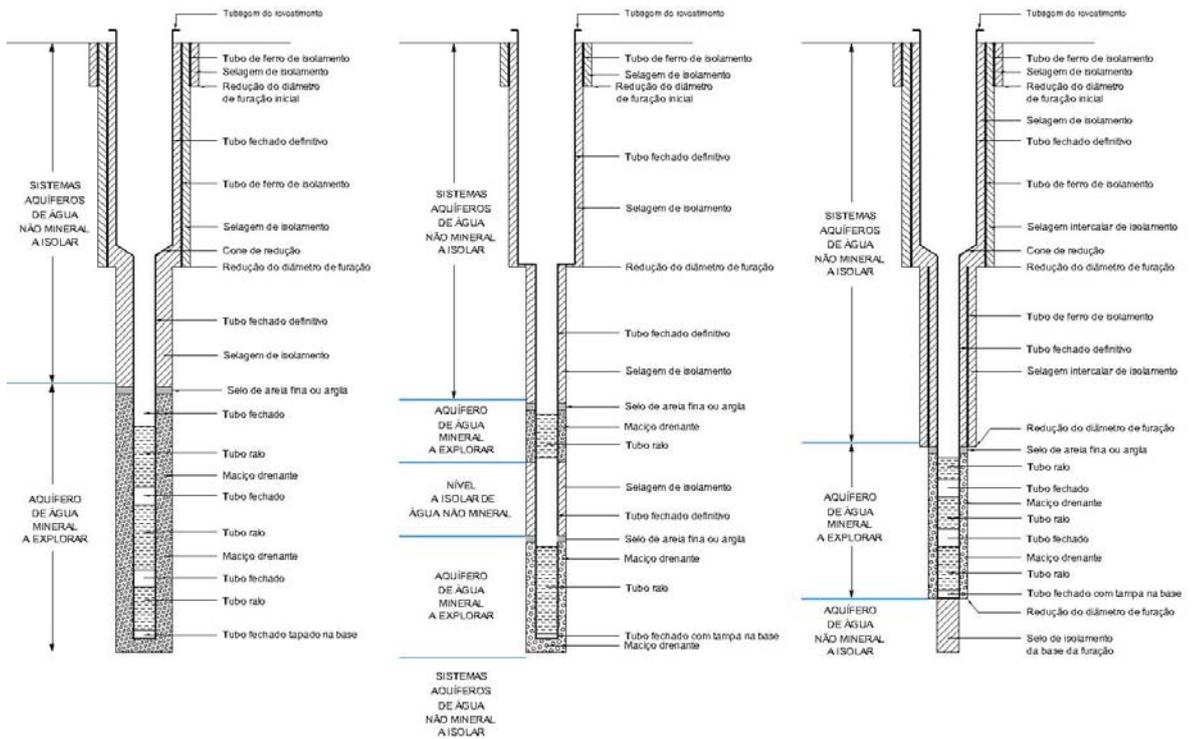
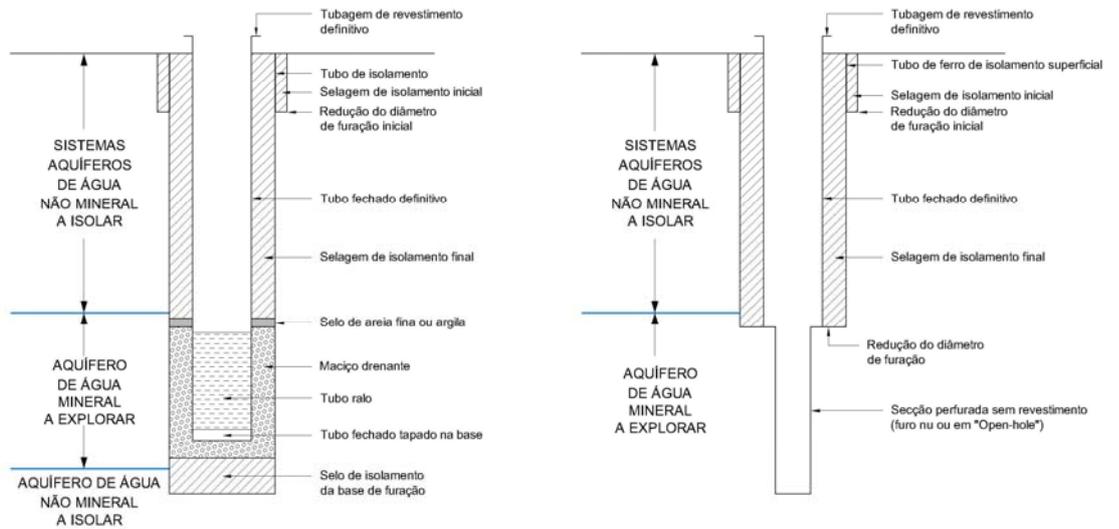
É essencial que, com base nos estudos geológicos e hidrogeológicos de superfície desenvolvidos numa fase preliminar seja elaborado um projecto da captação a executar em função da profundidade a que o aquífero se situa, da sua espessura, dos tipos de formações a perfurar e de existência de outros aquíferos a isolar, cuja captura das respectivas águas não se pretenda, apenas para citar alguns exemplos.

O projecto da captação deverá assim indicar as profundidades de furação, diâmetros de perfuração, metodologias de perfuração e fluidos de circulação, tipos de diagrfias a realizar, profundidades e extensões das zonas a isolar, tipos de selantes e metodologias de aplicação, tipos e diâmetros das tubagens de revestimentos a aplicar, tipo e extensão dos tubos ralos, características e extensão do maciço drenante, métodos de desenvolvimento, limpeza e desinfecção da captação, apenas para mencionar as temáticas essenciais.

Este projecto deve constar numa memória descritiva do caderno de encargos, que adiante se aborda, e ser elaborado por técnicos ou entidades especializadas na concepção e construção de captações de águas minerais ou de água de nascente. Normalmente o projecto da captação é desenvolvido ou acompanhado pelo técnico responsável pelos estudos geológicos e hidrogeológicos elaborados na fase preliminar de reconhecimento de superfície, descrita no primeiro capítulo deste documento.

Haverá que proceder, no decurso da perfuração ao ajustamento do projecto pré-definido, de modo a adaptá-lo à realidade geológica e hidrogeológica que vai sendo revelada à medida que se prossegue em profundidade, a qual poderá, ou não, corroborar o modelo hidrogeológico interpretativo inicial e, conseqüentemente, conduzir a eventuais alterações no projecto da captação.

A título meramente ilustrativo apresentam-se alguns exemplos de diferentes esquemas construtivos de captações de modo demonstrar as inúmeras opções construtivas que existem e reforçar que não existem para o caso das águas minerais projectos pré-definidos. Os projectos devem ser adaptados às condições estabelecidas no modelo hidrogeológico interpretativo da zona de implantação da captação definido no estudo geológico, estrutural e hidrogeológico preliminar de superfície.



Exemplos de diferentes tipos de projectos de captações

3.2 – Selecção dos diâmetros de perfuração

A execução de um furo implica, em geral, o recurso a vários diâmetros de furação ao longo da perfuração em profundidade, numa evolução telescópica do maior diâmetro no topo para o menor diâmetro na base da captação.

Esta opção deve-se a questões de potência dos equipamentos, de questões de índole económica e por motivos de estabilidade das paredes do furo durante a fase de perfuração.

Os equipamentos de perfuração têm limitações quanto à relação de diâmetros de perfuração com a profundidade da sua execução. A realização de um grande diâmetro torna-se cada vez mais morosa e dispendiosa à medida que se evolui em profundidade. Por outro lado, durante a perfuração pode verificar-se a necessidade de se proceder a operações de isolamentos ou revestimentos intercalares da captação de modo a ultrapassarem-se situações de instabilização das paredes do furo, facto que pode implicar que a continuação da perfuração seja realizada com um diâmetro ligeiramente menor do que o da tubagem de revestimento entretanto instalada naquela operação de estabilização, razão pela qual os diâmetros iniciais deverão ser generosos de modo a permitir progressivos e sucessivas reduções de diâmetro de furação.

A selecção dos diâmetros de uma captação depende dos seguintes factores:

- diâmetro da bomba submersível que se espera colocar no furo;

A selecção do diâmetro de perfuração será, numa primeira análise, condicionada pelo diâmetro da bomba submersível, que se pretende instalar, compatível com o caudal que se espera extrair, tendo em conta a profundidade do nível hidrodinâmico esperado e a altura total de elevação a vencer pela bomba. Haverá que considerar, na selecção da bomba submersível, não apenas a altura de elevação desde a profundidade do nível hidrodinâmico estabilizado até à boca da captação, mas antes, o desnível entre a profundidade do nível hidrodinâmico estabilizado e o destino final de elevação da água, em geral o local onde se encontram implantados os depósitos de armazenamento da água. Para o efeito deverá ser consultado o catálogo do fabricante da bomba submersível a instalar de modo a seleccionar a bomba mais adequada para o caudal estimado e para a altura de elevação necessária, por forma a determinar o diâmetro da bomba submersível compatível com os requisitos definidos.

Caso não se disponham de elementos que permitam avaliar com uma razoável aproximação os caudais espectáveis e a profundidade do nível hidrodinâmico, deverá optar-se por uma sobre-estimativa, implicando por vezes a execução de um furo com um diâmetro maior. Esta opção evita que se conclua no final que se poderia instalar uma bomba submersível mais potente e adequada caso o furo fosse mais largo.

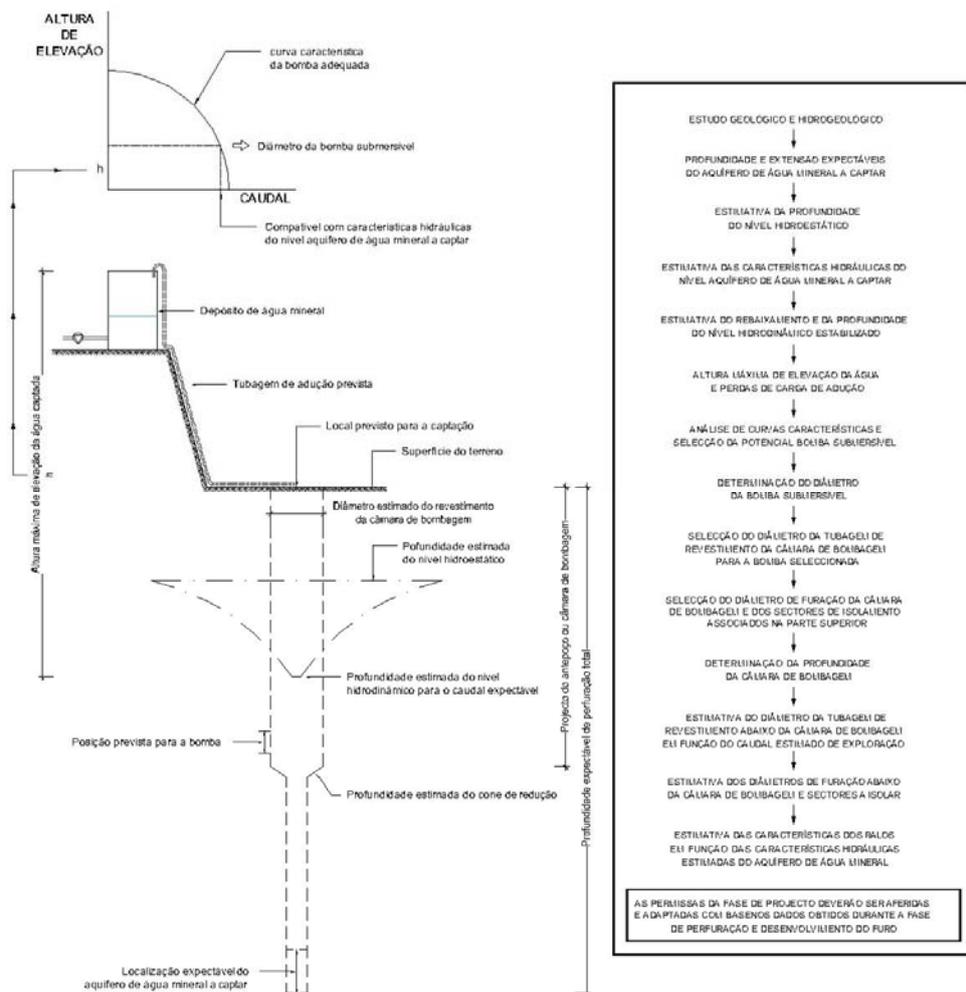
Tendo em conta a curva característica da bomba submersível, a posição do nível hidrodinâmico espectável e a potencial evolução do mesmo ao longo do ano, ou anos, deverá ser determinada a profundidade onde se colocará a bomba submersível e a extensão da câmara de bombagem ou antepoço, que corresponde à parte superior de um furo, em geral acima do sector dos ralos, onde se irá instalar a bomba submersível. Convém referir que não se deverá fazer corresponder a posição da bomba submersível com a base da câmara de bombagem. Haverá sempre que deixar alguma folga em termos de extensão em profundidade para a base da câmara de bombagem, de modo a poder, caso se verifique a necessidade, baixar a bomba submersível, pelo facto do rebaixamento hidrodinâmico estabilizado ser superior ao esperado, ou por se verificar um aprofundamento ciclico do rebaixamento hidrodinâmico estabilizado ao longo do ano, ou ao longo de um determinado período de anos.

- diâmetro da tubagem de revestimento na zona estimada para instalação da bomba submersível;

Além do diâmetro da bomba submersível haverá que contar com o diâmetro da tubagem de revestimento a instalar no sector e à profundidade onde se estima instalar a referida bomba submersível. A tubagem de revestimento deverá ter um diâmetro suficiente para garantir que entre a bomba submersível e a parede interior da tubagem de revestimento exista um espaço anular cuja área corresponda sempre ao dobro da área do tubagem de adução e elevação que saída da parte superior da bomba submersível até à superfície. A redução do espaço entre a bomba submersível e a tubagem de revestimento implica intensificações da velocidade doo fluxo, com alterações significativas da composição da água. No caso de águas gasocarbónicas implicarão também incrementos da separação de gás da água por efeitos de variação da pressão com fuga da fase gasosa para a parte superior do furo, reduzindo-se o teor em gás na água captada.

- dimensão do espaço anular entre a tubagem de revestimento e a parede do furo na zona de instalação da bomba;

O diâmetro de furação no sector da tubagem de revestimento onde será instalada a bomba submersível deverá ser superior a tubagem de revestimento de modo a permitir um espaço anular, entre a tubagem de revestimento e a parede do furo, para cimentação ou construção de maciço drenante.



Aspectos do projecto de dimensionamento de uma captação

Este espaço anular entre a tubagem de revestimento e a parede do furo não deverá ter uma dimensão inferior, em geral, a 6 cm, de modo a permitir a introdução de varas de injeção. Esta extensão corresponde a uma extensão mínima adequada para o maciço drenante. Por outro lado aquela extensão permitirá a passagem de areão para a construção do maciço drenante, eventualmente, a um nível mais profundo. No caso de se tratar de um sector entre um tubo de aço de uma cimentação provisória que envolva a tubagem de revestimento naquela zona, o espaço anular poderá ser da ordem de 5 cm. A dimensão do espaço anular indicado refere-se apenas a um dos lados entre a parede do furo e a tubagem de revestimento, devendo para efeito de cálculo do diâmetro do furo, ser considerado o dobro daquele valor.

No entanto, o referido espaço anular não deverá ser superior a mais do que 12,5 cm pois torna o maciço drenante muito largo dificultando o desenvolvimento do furo e, no caso de se aplicarem tubagens de revestimento em PVC, permite que durante a cura da calda de cimento com este espaço anular se atinjam temperaturas na fase de cura que podem deformar a tubagem, estrangulando-a e, em última análise impedindo a descida da bomba submersível prevista.

Diâmetro de furação da zona da câmara de bombagem:

Diâmetro da bomba + (2 x) espaço anular entre a bomba e a parede interior da tubagem de revestimento + espessura da tubagem de revestimento + (2 x) espaço anular entre a parede do furo e o exterior da tubagem de revestimento

- evolução dos rebaixamentos do aquífero durante a fase de exploração;

Tal como se referiu anteriormente, a extensão em profundidade do antepoço, ou câmara de bombagem, deverá ter em linha de conta a profundidade do nível hidrodinâmico estabilizado estimado, bem como a sua eventual evolução, considerando-se sempre prudente garantir que a sua extensão seja prolongada em profundidade de modo a fazer face à necessidade de aprofundar a posição da bomba quer devido a alteração final do referido nível hidrostático como a sua variação anual ou ao longo de um período de anos já na fase de serviço.

- profundidade do nível aquífero específico de água mineral;

A profundidade a que se admite a posição do nível aquífero a captar poderá também condicionar os diâmetros de furação. Em geral, quanto maior for a profundidade do aquífero, menor será o diâmetro de perfuração.

Se a pressão a que a água se encontra no aquífero for grande, a água ascenderá ao longo do furo, posicionando-se várias dezenas de metros acima do tecto do aquífero. Se a sua produtividade for elevada, o rebaixamento será reduzido. Neste cenário a base da câmara de bombagem, mais larga, situar-se-á a vários metros acima do tecto do aquífero. A perfuração até à zona do aquífero será garantida por um diâmetro, ou diâmetros, mais reduzidos, do que o aplicado até à base da câmara de bombagem. O diâmetro da tubagem de revestimento que intersecta a zona do aquífero deverá ser superior ao da tubagem de elevação da água conectada à bomba submersível situada, em geral, mais acima, na câmara de bombagem.

Se a pressão a que a água se encontra no aquífero não for diminuta, o nível hidrostático situar-se-á perto do tecto do aquífero. No caso de um aquífero livre, o nível hidrostático

situar-se-à abaixo do tecto do aquífero. Nestes casos a câmara de bombagem penetrará o aquífero até uma profundidade compatível com a exploração adequada da bomba prevista, tendo em conta o nível hidrodinâmico expectável.

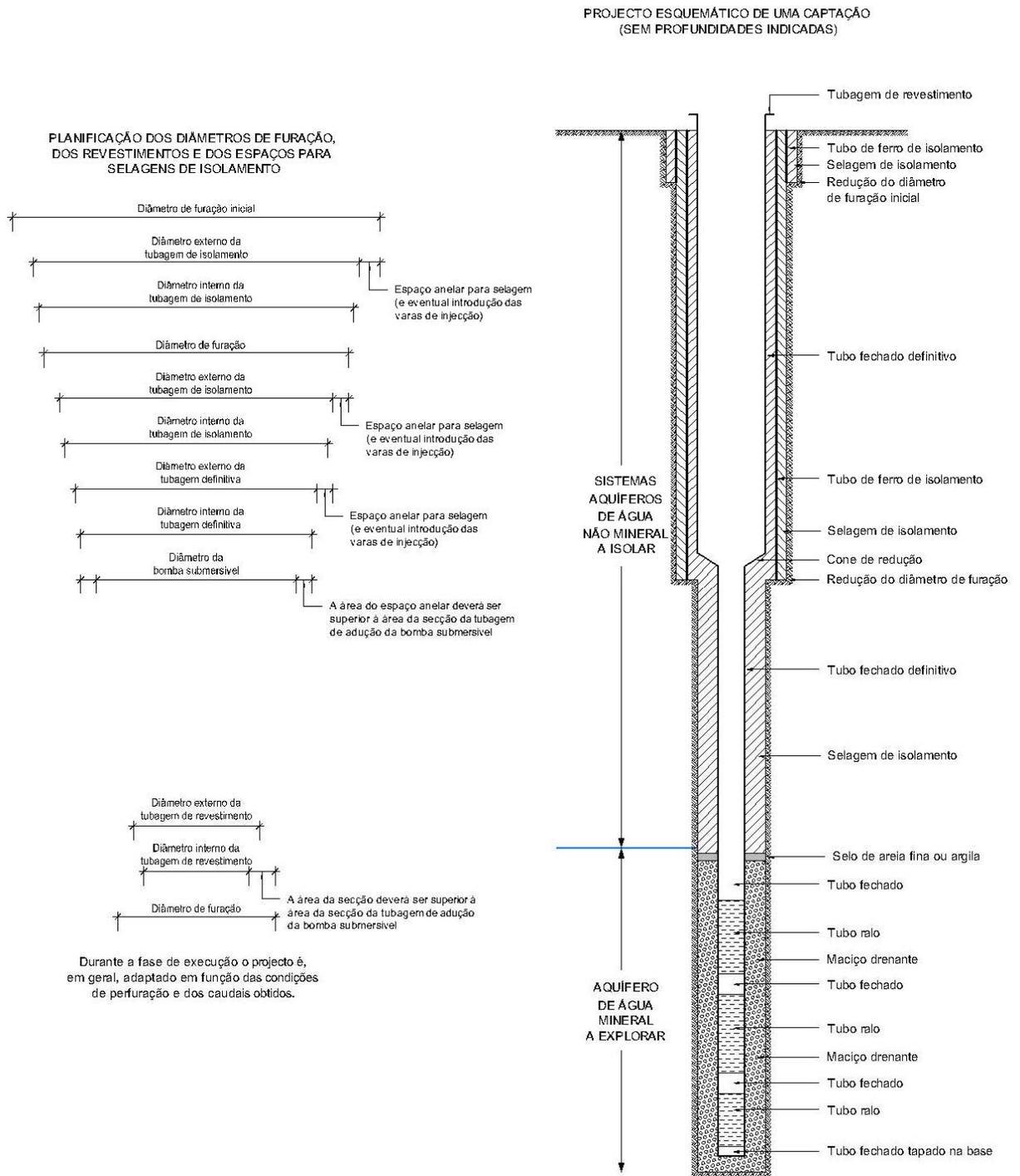
- estabilidade das paredes do furo;

Os processos de instabilização podem nalguns casos implicar a colocação de tubagens de isolamento intercalares complementadas com cimentações intercalares, facto que condicionará o diâmetro de furação, implicando a sua redução. Deverá recolher-se a máxima informação sobre outras captações realizadas na zona, nas mesmas formações, de modo a avaliar-se previamente, sobre o risco de colapso das formações. Esta avaliação de risco deverá ser contabilizado no projecto da captação e nos diâmetros de furação previstos.

Parte do controlo da estabilidade das paredes do furo passa pela utilização dos métodos de perfuração mais adequados às formações em questão, pela experiência do sondador responsável pelos trabalhos de furação e, pela aplicação de fluidos adequados para a estabilização das paredes tais como espumas ou por um adequado e apertado controlo da fluidez e densidade das lamas.

- quantidade e extensão dos isolamentos a realizar durante a fase de perfuração.

A selecção dos diâmetros de furação em profundidade poderá também ser condicionada pela necessidade de isolamento por cimentação de níveis aquíferos indesejáveis, em geral mais superficiais, ou por níveis aquíferos profundos mas cujas águas não se pretende aproveitar por não corresponderem ao perfil hidroquímico pretendido ou adequado. Para o isolamento destes níveis haverá que prever a sua cimentação mediante a aplicação de tubagens de aço preto macio intercalares e a sua posterior selagem por cimentação com calda de cimento, calda de cimento e bentonite, bentonite ou outros isolantes adequados. A prossecução da furação após cada um dos isolamentos terá de ser realizada com um diâmetro inferior ao da última tubagem de contenção e isolamento aplicada.



Muitos destes isolamentos por cimentação e selagem podem, obviamente, ser realizados no final da construção, após a instalação da coluna de revestimento e do maciço drenante. No entanto, caso se verifique algum insucesso nesta operação a qualidade de construção da captação poderá ficar comprometida, como adiante se dão alguns exemplos. A experiência demonstra que, apesar de mais dispendioso e moroso, é preferível proceder ao prévio isolamento de todos os níveis indesejáveis antes de se proceder à fase de construção da captação com a colocação da coluna de revestimento e do maciço drenante, o que não impede no final de se proceder a um isolamento complementar e final do sector acima do maciço drenante.

A Memória Descritiva e a Lista de Preços Unitários do Caderno de Encargos da captação deverão contemplar vários diâmetros de furação, e incluir mesmo alguns que, a priori, não se preveja a aplicação no projecto, de modo a ultrapassar, sem sobressaltos, alguns cenários não previstos que, eventualmente, possam vir a ocorrer. Deverá ainda indicar que os diâmetros de furação indicados, assim como as respectivas profundidades de aplicação podem ser alterados, por indicação do Dono da Obra ou pelo seu Representante, de modo a melhor adaptar o projecto da captação às condições encontradas no decurso dos trabalhos.

Tendo em conta o carácter telescópico que a furação apresenta, será prudente iniciar a furação com um diâmetro suficientemente largo, compatível obviamente com o método de furação e circulação utilizado na fase inicial dos trabalhos, de modo a permitir alguma folga para se fazer face a eventuais reduções de diâmetro não previstas.

4.

PROGRAMA DE CONCURSO

4.1 – Critérios de selecção da empresa

Apesar da existência de uma extensa lista de empresas licenciadas pelas Administrações de Regiões Hidrográficas para a realização de furos de captação de águas subterrâneas, nem todas apresentam a aptidão, em termos de meios materiais e humanos e de conhecimentos, para a execução de furos de captação que preencham os requisitos adoptados na execução de furos destinados à exploração de águas minerais ou de águas de nascente.

Recomenda-se que o critério de selecção não seja fundamentado exclusivamente no factor financeiro, com recurso a empresas não habilitadas, pois tal opção poderá redundar numa deficiente qualidade de execução, sem hipótese de aproveitamento posterior e, nalguns casos infelizmente, no abandono da obra no decurso da mesma, por incapacidade de resolução dos problemas originados por falta de equipamentos adequados, falta de meios, ou total ausência de conhecimentos técnicos, entre outros aspectos, apesar de, na fase inicial, antes do início dos trabalhos, o grau de confiança transmitido ao Dono de Obra ser, por regra, sempre muito elevado. Tais cenários de insucesso resultam quer de escolhas aleatórias por parte dos Donos de Obra, a empresas não qualificadas, baseadas apenas na vertente financeira, quer de subcontratações realizadas por empresas habilitadas a empresas não habilitadas, motivadas por efeitos de distâncias do local da obra e na tentativa de minimização de custos, o que conduz, com uma frequência maior que o desejável, a verdadeiros desastres financeiros e a consideráveis atrasos nas obras.

Assim, além da selecção criteriosa de uma empresa, haverá que não permitir qualquer subcontratação, a não ser para fins específicos, tais como os trabalhos de soldaduras quando forem aplicados revestimentos de aço inox.

Sem os equipamentos adequados, ou sem o conveniente e apurado conhecimento da arte, não é possível que os trabalhos de uma empreitada deste tipo sejam executados de forma apropriada. Apenas a título de exemplo, considera-se oportuno mencionar, que várias empresas no mercado apresentam apenas um tipo de método de perfuração. Quando no decurso da empreitada se torna necessário prosseguir os trabalhos com outro método de perfuração, por exemplo, devido a instabilização das paredes do furo, surgem os problemas, por falta de meios. Num furo para captação de água mineral, cujo aquífero, em muitos casos, se situa a profundidades específicas, os trabalhos não podem ser suspensos, antes de atingido o aquífero

pretendido, apenas por que surgiram dificuldades e já se atingiu a água de um qualquer aquífero situado a menor profundidade.

Na execução de um furo de água mineral ou de nascente, terá de se atingir a profundidade específica a que se encontra o aquífero em questão, com os métodos de furação adequados e necessários, e proceder aos isolamentos por cimentação dos níveis aquíferos que não correspondem ao perfil hidroquímico que se pretende, situados acima ou abaixo do aquífero em questão. Neste caso poderão ser necessárias cimentações por vezes cirúrgicas, tarefa desconhecida para muitas empresas do mercado.

A selecção de uma empresa para a realização de um furo de captação de água mineral ou de nascente deverá basear-se na experiência da empresa na realização deste tipo de captações, nos equipamentos que dispõe, e no conhecimento e aptidão técnica da sua equipa de pessoal especializado.

Considera-se prudente limitar as consultas, para obtenção de propostas, às empresas que apresentem meios, pessoal técnico e capacidade financeira compatível com os requisitos que a captação venha a solicitar. O Dono de Obra deverá inteirar-se junto de técnicos consultores independentes e das entidades oficiais responsáveis pela Tutela e supervisão das águas minerais ou de nascente, sobre quais as empresas mais competentes e idóneas para a execução deste tipo de trabalhos, no sentido de estabelecer uma pré-selecção das firmas a consultar.

A selecção do Empreiteiro deverá, assim, basear-se num concurso limitado a conjunto de empresas pré-seleccionadas, baseado num caderno de encargos detalhado.

Resta ainda alertar para o facto de que a proposta com o preço mais elevado nem sempre corresponde a uma maior capacidade técnica e aptidão do concorrente, ou a um melhor trabalho no final.

4.2 – Caderno de encargos

A realização de uma empreitada de prospecção de águas subterrâneas ou da construção de uma nova captação de água subterrânea para exploração de água mineral ou água de nascente deverá ser, obrigatoriamente, fundamentada num caderno de encargos detalhado.

A elaboração do caderno de encargos da empreitada deverá ser realizada por empresa de consultoria ou consultor independente, com reconhecida experiência no domínio da hidrogeologia e no projecto de captações, preferencialmente não relacionados, directa ou indirectamente, com qualquer empresa de perfuração e de execução de furos de captação de água.

Tal como se referiu anteriormente, os estudos geológicos e hidrogeológicos executados, numa fase preliminar, tal como descrito no primeiro fascículo em que este documento se integra, deverão conduzir a um projecto de captação, em termos de profundidades de perfuração, diâmetros de furação, profundidade espectável do aquífero de água mineral ou de água de nascente, profundidades e extensões dos isolamentos e cimentações, entre outros aspectos.

Com base no referido projecto da captação a executar deverá ser elaborado um caderno de encargos da empreitada, com todos os pormenores previstos para as diferentes fases da mesma, nomeadamente, a fase de perfuração, a fase de construção e, por fim a fase de desenvolvimento, limpeza e desinfecção do furo a realizar, cuja compilação deverá originar uma memória descritiva detalhada de todo o processo de execução da captação.

Numa primeira parte o caderno de encargos deverá abordar, de forma pormenorizada, um conjunto de aspectos genéricos de modo a estabelecer as condições de execução da empreitada e também permitir um melhor conhecimento das empresas consultadas. Considera-se vantajoso, a título sugestivo, abordar as seguintes temáticas numa primeira parte do caderno de encargos do programa de concurso:

- determinar a existência de condicionamentos ou de impedimentos de sub-contratações, sub-empreitadas ou colaborações de outras empresas, para além da firma consultada;
- solicitar uma declaração, por parte do empreiteiro, relativa à total aceitação do programa de trabalhos e de todas as condições do caderno de encargos, sem ressalvas ou condições particulares;
- definir de forma precisa e detalhada quais os critérios que devem reger eventuais alterações do programa de trabalhos;
- determinar um prazo para apresentação da proposta, sem recurso a eventuais alterações;
- solicitar o curriculum da empresa concorrente, com ênfase no tipo de trabalhos solicitados;
- solicitar o curriculum vitae do responsável técnico da Obra nomeado pelo Empreiteiro;
- pedir a lista de clientes do concorrente; critérios de apreciação das propostas por parte do Dono de Obra;
- estabelecer os critérios de supervisão técnica do Dono de Obra;
- indicar as condições de supervisão técnica do Empreiteiro;
- solicitar a composição e experiência da equipa de sondadores, com particular incidência sobre a experiência neste tipo de trabalhos, do chefe da equipa;
- indicar a frequência e dias das reuniões de obra;
- detalhar o tipo de relatórios diários (partes diárias) e exigir um Livro de Obra;
- definir a estrutura e os elementos que devem constar no relatório final, indicar prazo de entrega do mesmo após a conclusão dos trabalhos;
- exigir, em caso de adjudicação um seguro de responsabilidade civil, definindo o respectivos valores, e a apresentação de todos os seguros de acidentes pessoais dos funcionários do empreiteiro que ficarão afectos à obra;
- exigir um plano de higiene e segurança da Obra;
- solicitar o horário de laboração em termos diários e semanais;
- indicar as eventuais limitações de circulação de pessoas nas instalações do Dono de Obra;
- definir as condições de admissão de pessoal às instalações do Dono de obra e indicar o tipo de documentos identificativos exigidos para pessoas e veículos;
- indicar os locais para estacionamento de veículos associados à empreitada;
- indicar a área trabalho disponível para o Empreiteiro e exigir a materialização da sua marcação ou delimitação;
- exigir a colocação de um cartaz de identificação da obra, com identificação do alvará do Empreiteiro e das licenças necessárias para a prospecção e pesquisa ou execução da captação;
- definir as responsabilidades em caso de furto de materiais ou de equipamentos;
- solicitar os valores pecuniários relativos a compensações por tempos de espera não imputáveis ao Empreiteiro;
- definir os critérios para as medições dos trabalhos realizados;
- indicar o tipo e frequência dos autos de medição;
- exigir um auto de recepção da obra no final dos trabalhos;
- solicitar a indicação das condições de pagamento;
- apresentar a lista de preços unitários, e respectiva estrutura com todos os itens considerados para a boa realização da obra, quantidades estimadas, valores totais parciais, total global para as quantidades estimadas e valor de incidência do IVA;
- solicitar as fórmulas de revisão de preços;
- exigir a apresentação de prazos para a realização das diferentes tarefas do caderno de encargos e um cronograma com a execução das tarefas previstas;
- exigir uma garantia escrita sobre a obra e tempo de vigência da mesma;
- solicitar o período de validade da proposta.

Numa segunda parte o caderno de encargos deverá incidir, de forma clara, concisa, mas detalhada, sobre os aspectos técnicos da empreitada onde se deverá:

- descrever a metodologia de execução do furo exigida, em termos de objectivos a atingir;
- solicitar as características técnicas de todos os equipamentos a utilizar na obra, com indicação de marca, modelos, potências, entre outros aspectos, desde a sonda de furação e respectivas varas, passando pelo compressor, bombas de injeção de água, de lamas e/ou calda de cimento, mangueiras, tanques de lamas, ferramentas de furação, obturadores, material de medição do nível freático, material de laboratório, equipamentos de soldadura, equipamentos de diagrfias, equipamentos de controlo hidroquímico expeditos, etc., incluindo as respectivas datas de fabrico.

No caso das sondas deverá ainda ser solicitado as características da mesma e de todos os equipamentos associados, bem como a altura da respectiva torre e as características dos diferentes tipos de varas a utilizar em termos de comprimentos e os pesos, devendo ser pedida informação sobre a capacidade do sistema de elevação das varas, e as características da cabeça ou mesa de rotação, em termos de torque, potência, entre outros aspectos.

Deverão ser solicitadas aos concorrentes todas as referências dos materiais que são requeridos para a obra, no que respeita aos tipos, marcas e origem, das lamas, cimentos, areão, areia, selantes, tubos fechados, tubos ralos, materiais aplicados nas soldaduras, entre outros aspectos.

O caderno de encargos deve ainda abordar as condições e/ou as condicionantes do transporte dos equipamentos e dos materiais, as características dos acessos e do local de furação e de estaleiro, eventuais obras de regularização de acessos ou da zona da plataforma de trabalho, o posicionamento e nivelamento da sonda de furação no local, a organização de estaleiro.

Deverá ser indicado ao concorrente se existe formas de abastecimento de água potável junto da zona de trabalhos ou nas suas imediações, a utilizar eventualmente durante a perfuração ou para a elaboração de lamas de estabilização ou de caldas de selagem por cimentação ou com lamas. De facto, na maioria dos casos, para se executar um furo de captação de água é necessário dispor de água, por vezes em quantidade. No caso de não se dispor de água no local de perfuração ou nas suas imediações o concorrente deverá prever o respectivo transporte da mesma para o local da Obra. Igual procedimento se coloca com o abastecimento de energia eléctrica. Caso não haja energia eléctrica no local da obra com a voltagem e as fases adequadas aos equipamentos, o caderno de encargos deverá conter este tipo de informação e solicitar ao concorrente a instalação em Obra de um gerador adequado para as suas necessidades energéticas.

As condições técnicas devem especificar a localização da, ou das captações a realizar, as respectivas profundidades totais, inclinação da perfuração, metodologia do controlo da verticalidade ou da inclinação do furo, e respectiva frequência de verificação.

A metodologia deverá incluir uma descrição detalhada sobre as várias fases de execução do furo, nomeadamente sobre as fases de perfuração, cimentações preliminares ou intercalares, fase de identificação dos níveis produtivos, fase de construção da captação, fase de limpeza, desenvolvimento e desinfecção, fase de caracterização hidráulica, fase de arranjo da cabeça da captação, e por fim a remoção de resíduos e arranjos finais bem como definir o critério de encerramento dos trabalhos.

No que respeita à fase de perfuração o caderno de encargos deve indicar o tipo ou tipos de perfuração que deverão ser aplicados, e condições para a sua aplicação, indicando o tipo de fluídos de lubrificação e limpeza do furo, seja ar, água, espumas ou lamas, identificando o tipo de lamas, se argilosas ou se polímeros (biodegradáveis). Além disso deverá prever as profundidades e respectivos diâmetros das fases de perfuração. O circuito dos tanques de lamas,

respectivas bombas injectoras ou de aspiração, ou por injeção de ar comprimido, a aplicar em obra, deverá ser descrito de forma pormenorizada pelo concorrente na sua proposta.

Deve ficar estabelecido no caderno de encargos a frequência de amostragem dos resíduos de furação, identificação das respectivas profundidades e o tipo de empacotamento e identificação das amostras.

O método e frequência de controlo da furação através da determinação da densidade, viscosidade e teor de areia das lamas de circulação deverá ser descrito, bem como a indicação das normas a seguir nos respectivos procedimentos de aferição da qualidade.

Os vários diâmetros de furação devem ficar definidos no caderno de encargos, bem como serem previstos diâmetros alternativos, caso se verifique a sua necessidade por alteração dos trabalhos ou dos métodos de furação.

A profundidade de instalação do tubo guia inicial, a sua composição e tipo de selagem deve ser descrita de forma precisa. Os isolamentos intercalares durante a furação, quer com cimentações simples e posterior reperfuração, assim como a aplicação de revestimentos intercalares provisórios ou definitivos, constituídos por tubagem de isolamento e respectivas selagens devem ser detalhadamente descritos, bem como os respectivos volumes. O tipo de cimento a ser utilizado nas cimentações deverá ser descrito assim como os meios de preparação da calda, através de central, e respectivas proporções água/cimento, e eventual adição de bentonite e quais as suas percentagens. Caso os isolamentos sejam baseados em materiais argilosos, o método de preparação e aplicação dos mesmos deverá ser indicado.

A metodologia de execução das diagrfias, equipamentos e sondas a utilizar, calibração das sondas, e as fases de execução das mesmas deverá estar previsto e descrito no caderno de encargos.

O controlo hidroquímico, durante a fase de furação, é condicionado pelo tipo de furação previsto, embora se deva indicar os tipos de parâmetros a controlar, a sua frequência, e métodos de análise e normas de procedimentos que devem ser seguidos.

No caso da metodologia de perfuração o permitir, deverá constar no caderno de encargos o tipo de procedimento para medições de caudais no decurso da fase de perfuração, a sua frequência, características dos recipientes assim como o circuito para drenagem das águas captadas.

A medição do nível da água, ou das lamas, no furo, a sua frequência e metodologia de leitura, em geral no início e no final do período de laboração, caso não se verifique o recurso a trabalhos em contínuo, devem estar especificados no caderno de encargos.

A tubagem de revestimento a aplicar no furo quer em termos de tubo fechado quer em termos de tubo ralo e tipo de conexões, deverá ser descrito tanto no que respeita à sua composição, espessura, resistência, tipo, modelo, fornecedor, entre outros aspectos. Igual informação deverá constar relativamente aos cones de redução que eventualmente venham a estar previstos.

Os ralos dos tubos ralos devem ser claramente identificados, com particular atenção para o tipo, forma, dimensão das aberturas e extensão das mesmas, e quantidades de área aberta por metro linear de tubagem, assim como extensão linear das áreas abertas. O tipo de areia fina a aplicar no topo do areão deve ser indicado tanto em termos de granulometria como da respectiva extensão e profundidades. Tal como para os isolamentos primários e intercalares, o isolamento final deverá ser igualmente descrito com particular detalhe.

A composição do areão, granulometria, grau de limpeza e desinfecção deverá ser descrito no caderno de encargos, assim como as respectivas profundidades de aplicação.

Deverão ser indicados os procedimentos, equipamentos e produtos que devem ser aplicados aquando do desenvolvimento da captação, da sua limpeza e desinfecção, e duração das diferentes fases das várias intervenções e metodologias.

Os aspectos construtivos da cabeça da captação e do seu isolamento deverá ser determinado quanto aos materiais a aplicar e respectivas dimensões, devendo ser acompanhado por um esquema construtivo da solução pretendida.

O caderno de encargos deverá prever também um levantamento topográfico de precisão em termos de coordenadas do eixo da captação assim como a altimetria real da cabeça da captação e do terreno imediatamente adjacente. Por norma a Tutela requer que as coordenadas sejam apresentadas no sistema Hayford-Gauss, referidas ao ponto central de Melriça.

Os métodos dos ensaios de bombagem e de recuperação para caracterização da captação e do aquífero deverão constar no caderno de encargos, e definidos os equipamentos a utilizar.

A estrutura, composição e peças desenhadas do relatório final devem igualmente ser contempladas na memória descritiva do caderno de encargos.

4.3 – Lista de preços e estimativa de custos

Tal como se referiu anteriormente, o caderno de encargos deverá comportar uma Lista de Preços Unitários e das quantidades previstas para a execução do projecto da captação, a qual deverá ser integralmente preenchida pelo concorrente, não só contemplando os materiais e tarefas previstos no projecto da captação assim como outros que apenas se preveja a sua eventual necessidade.

Na lista de preços unitários deverão ser apresentados, pelo concorrente, os valores parciais para as quantidades indicadas em cada item assim como o valor global da captação para todas os itens previstos e respectiva quantidades indicadas.

O caderno de encargos deverá referir que as quantidades de trabalhos indicadas são meras estimativas pelo que os valores a facturar pelo empreiteiro serão apenas os que forem efectivamente realizados, sem direito a qualquer indemnização caso no final da empreitada a quantidade de trabalhos realizados seja inferior à quantidade de trabalhos previstos.

Refª.	DESIGNAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE ESTIMADA	PREÇO UNITÁRIO, EM EUROS, SEM IVA	TOTAL PARCIAL EM EUROS, SEM IVA
1	TRANSPORTE E MONTAGEM DO EQUIPAMENTO				
1.1	PREPARAÇÃO, TRANSPORTE DOS EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PESSOAL, INCLUINDO A SUA DESMOBILIZAÇÃO E RETORNO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DO ESTALEIRO E EQUIPAMENTOS. PREPARAÇÃO DA ÁREA DE ESTALEIRO E DA PLATAFORMA DE TRABALHO.	Verba Global	1		
2	PERFURAÇÃO COM SISTEMA ROTARY, COM CIRCULAÇÃO INVERSA, COM TRICONE E LAMAS DE ESTABILIZAÇÃO BIODEGRADÁVEIS (POLÍMEROS).				
2.1	COM DIÂMETRO DE 600mm.	Metro linear	-		
2.2	COM DIÂMETRO DE 450 mm.	Metro linear	50		
2.3	COM DIÂMETRO DE 300 mm.	Metro linear	100		
2.4	COM DIÂMETRO DE 150 mm.	Metro linear	-		
3	LAMAS BIODEGRADÁVEIS DE ESTABILIZAÇÃO				
3.1	MONTAGEM DO DISPOSITIVO SUPERFICIAL DE PREPARAÇÃO, ACUMULAÇÃO, DECANTAÇÃO E INJEÇÃO DAS LAMAS BIODEGRADÁVEIS DE ESTABILIZAÇÃO.	Unitário	1		
3.2	PREPARAÇÃO DAS LAMAS BIODEGRADÁVEIS (POLÍMEROS) COM ÁGUA POTÁVEL FORNECIDA PELO CLIENTE.	Unitário	1		
4	TUBAGENS DE ISOLAMENTO INTERCALAR E DE REVESTIMENTO FINAL				
4.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE TUBO EM AÇO MACIO PRETO COM DIÂMETRO DE 350 mm E ESPESSURA DE 2 mm.	Metro linear	50		
4.2	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE TUBO FECHADO EM AÇO INÓX AISI 316L, COM 3 MM DE ESPESSURA, COM DIÂMETRO DE 180 mm, COM UNIÕES POR SOLDADURA TIG COM ATMOSFERA INERTE TAMBÉM INTERIOR.	Metro linear	128		
4.3	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE TUBO RALO EM AÇO INOX AISI 316L, COM 3 MM DE ESPESSURA, COM DIÂMETRO DE 180 mm, COM ESPESSURA DE RASGO DE 2 MM, COM UNIÕES POR SOLDADURA TIG.	Metro linear	22		
5	MACIÇO DRENANTE				
5.1	FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO DE SEIXO SILICIOSO CALIBRADO E LAVADO E DESINFECTADO, COM DIÂMETRO DE 3 A 5 mm.	m ³	1,3		
5.2	FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO DE AREIA FINA SILICIOSA LAVADA E DESINFECTADA.	m ³	0,09		
6	INJEÇÕES DE SELAGEM E ISOLAMENTO				
6.1	PREPARAÇÃO E MONTAGEM/DESMONTAGEM DO DISPOSITIVO DE INJEÇÃO DE SELANTES.	Unitário	1		
6.2	FORNECIMENTO, PREPARAÇÃO E INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO.	m ³	9,8		
6.3	FORNECIMENTO, PREPARAÇÃO E INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO E BENTONITE.	m ³	-		-
6.4	FORNECIMENTO, PREPARAÇÃO E INJEÇÃO DO SELANTE ARGILOSO "TROPTOGEL".	m ³	-		-
6.5	FORNECIMENTO, PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DE SELANTE ARGILOSO "COMPACTONITE".	m ³	-		-
6.6	FORNECIMENTO, PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DE BETÃO	m ³	-		-
7	EXECUÇÃO DE DIAGRAFIAS: POTENCIAL EXPONTÂNEO TEMPERATURA/CONDUTIVIDADE DIÂMETRO DA CAPTAÇÃO (CALIPER) RESISTIVIDADE ELÉCTRICA RADIACÃO GAMA NATURAL				
7.1	PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE DIAGRAFIAS E DO FURO.	Unitário	1		
7.2	EXECUÇÃO DAS DIAGRAFIAS COM TODOS OS PARÂMETROS MENCIONADOS.	Metro linear	100,00		
8	LIMPEZA E DESENVOLVIMENTO DA CAPTAÇÃO				
8.1	LIMPEZA DAS LAMAS DE ESTABILIZAÇÃO				
8.1.1	PREPARAÇÃO E MONTAGEM DO DISPOSITIVO DE INJEÇÃO DE PRODUTO PARA DESFLOCULAÇÃO DAS LAMAS BIODEGRADÁVEIS.	Unitário	1		
8.1.2	FORNECIMENTO, PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO POR INJEÇÃO, DE PRODUTO PARA DESFLOCULAÇÃO DAS LAMAS BIODEGRADÁVEIS, AO LONGO DO INTERIOR DO FURO, NO INTERIOR DA CAPTAÇÃO.	m ³	0,7		
8.1.3	MONTAGEM E DESMONTAGEM DO EQUIPAMENTO DE INJEÇÃO DE AR COMPRIMIDO PARA LIMPEZA E DESENVOLVIMENTO DA CAPTAÇÃO.	Unitário	1		
8.2	LIMPEZA SIMPLES COM AR COMPRIMIDO				
8.2.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DO EQUIPAMENTO DE INJEÇÃO DE AR COMPRIMIDO PARA LIMPEZA E DESENVOLVIMENTO DA CAPTAÇÃO.	Unitário	2		
8.2.2	INJEÇÃO DE AR COMPRIMIDO PARA LIMPEZA E DESENVOLVIMENTO DA CAPTAÇÃO, E ENSAIOS DE BOMBAGEM COM ARRANQUES E PARAGENS.	Hora	8		
8.3	LIMPEZA DO FURO COM ESCOVAS				
8.3.1	LIMPEZA DA TUBAGEM DE REVESTIMENTO COM DIÂMETRO DE 180 mm, COM RECURSO ESCOVAS CILÍNDRICAS HORIZONTAIS.	Metro linear	149		
8.4	LIMPEZA COM AIR LIFT				
8.4.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DO EQUIPAMENTO DE "AIR LIFT", COM RECURSO A DUAS MANGUEIRAS (AR E ÁGUA) E PAINEL DE INJEÇÃO, ACCIONADO COM AR COMPRIMIDO, PARA ASPIRAÇÃO VERTICAL E LATERAL DA CAPTAÇÃO.	Unitário	2		
8.4.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE "AIR LIFT", COM RECURSO A DUAS MANGUEIRAS (AR E ÁGUA) E PAINEL DE INJEÇÃO, ACCIONADO COM AR COMPRIMIDO, PARA ASPIRAÇÃO VERTICAL E LATERAL DA CAPTAÇÃO.	Hora	8		
9	ENSAIO DE BOMBAGEM ESCALONADO E ENSAIO DE RECUPERAÇÃO				
9.1	MONTAGEM/DESMONTAGEM E PREPARAÇÃO DA BOMBA SUBMERSÍVEL E TUBAGENS DE ADUÇÃO PARA O ENSAIO ESCALONADO.	Unitário	1		
9.2	BOMBAGEM DURANTE OS CINCO PATÁMARES DO ENSAIO, COM ENERGIA DO CLIENTE.	Hora	10		
9.3	MEDIÇÕES DO NÍVEL DURANTE O ENSAIO DE RECUPERAÇÃO.	Hora	8		
10	ISOLAMENTO DA CABEÇA DA CAPTAÇÃO				
10.1	ISOLAMENTO DA CABEÇA DA CAPTAÇÃO COM CABEÇOTE EM AÇO INÓX AISI 316L, DE ACORDO COM O PRECEITUADO NO CADERNO DE ENCARGOS.	Unitário	1		
11	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE PRECISÃO				
11.1	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE PRECISÃO DO CABEÇOTE DA CABEÇA DO FURO E DO TERRENO, DE ACORDO COM O MÉTODO, TIPO DE COORDENADAS E PRECISÃO, INDICADOS NO CADERNO DE ENCARGOS	Unitário	1		
12	REPOSIÇÃO DAS CONDIÇÕES PRÉVIAS				
12.1	REPOSIÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS DOS ACESSOS, PLATAFORMA DE TRABALHO E ÁREA DE ESTALEIRO, COM REMOÇÃO DE TODOS OS RESÍDUOS DA OBRA COM TRANSPORTE A VAZADOURO AUTORIZADO, E REMOÇÃO DE TODOS OS MATERIAIS SOBANTES E DA DEMARCAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO.	Unitário	1		
13	RELATÓRIO				
13.1	RELATÓRIO FINAL DA CAPTAÇÃO E ENTREGA DE CONJUNTO DE AMOSTRAS TAL COMO DEFINIDO NA ALÍNEA I.15 DO CADERNO DE ENCARGOS.	Unitário	1		
14	TOTAL (EM EUROS, SEM IVA)				

Exemplo de lista de preços unitários de um caderno de encargos de um programa de concurso

Deverão ser incluídos outros aspectos para além dos previstos no projecto da captação, que poderão nem sempre ser necessários, tais como outros diâmetros de perfuração, controlos hidroquímicos específicos, betonagens, tubagens de revestimentos com diferentes diâmetros, diferentes materiais para selagens, entre outros aspectos, para que se obtenham os respectivos valores unitários antes de se adjudicar a obra. A aquisição de cotações de novos materiais, tarefas ou equipamentos no decurso da obra é, por regra, inflacionada pelos empreiteiros, pelo que se considera prudente obter o máximo de valores possíveis para materiais, equipamentos ou tarefas, antes de se adjudicar a obra.

Só durante a fase de furação é que será possível aferir o modelo hidrogeológico interpretativo previamente desenvolvido, fundamentado nos elementos geológicos e estruturais obtidos, em geral, apenas com base nos estudos de superfície. A precisão deste modelo dependerá também da complexidade geológica e estrutural local, bem como do grau de informação que já se possua sobre o aquífero que se pretende atingir, em muitos casos através de outros furos já existentes que captam o mesmo aquífero nas imediações do local da nova captação.

Poderá, contudo, verificar-se um desfazamento entre o modelo hidrogeológico interpretativo e a realidade em profundidade, situação que, no decurso da furação será progressivamente avaliada e corrigida. Atendendo a que o grau de sucesso da captação se encontra associado, e dependente, do grau de conhecimento sobre a hidrogeologia da zona e da complexidade geológica e estrutural da área da captação, deverá ser sempre admitida uma margem de segurança financeira adicional, na contabilização final dos custos da captação, isto é, o desfazamento entre o custo final da captação e o valor orçamentado com base no projecto da captação elaborado com os elementos disponíveis antes da sua execução será tanto mais elevado quanto menor for o grau de conhecimento hidrogeológico existente sobre a zona e quanto maior for a complexidade geológica e estrutural da zona a perfurar.

Pelo exposto considera-se prudente reservar, ou prever, uma provisão adicional de cerca de 30 % sobre o valor do projecto da captação, baseado na melhor proposta financeira recepcionada, de forma a se poder enfrentar situações imprevistas, ou não controláveis, no decurso da execução da captação. A percentagem adicional deverá ser ponderada com base no grau de conhecimento hidrogeológico existente sobre a zona, e sobre a existência de anteriores trabalhos de prospecção ou de furação.

4.4 – Esquema do projecto da captação

A memória descritiva do caderno de encargos deverá ainda incluir um esquema com o projecto da captação final, bem como esquemas das várias fases construtivas da captação, tal como se detalha mais adiante.

Convém realçar no caderno de encargos que o projecto da captação poderá sofrer alterações no decurso dos trabalhos, no sentido de adaptar o projecto aos novos elementos obtidos no decurso da perfuração, sem direito a qualquer indemnização ao empreiteiro devida pelas alterações dos trabalhos previstos, sendo contudo facturados os trabalhos efectivamente realizados.

4.5 – Análise das propostas

Esta extensa descrição sobre o conteúdo de um caderno de encargos de um furo de captação de água subterrânea tem por principal objectivo transmitir a complexidade que uma empreitada deste tipo envolve.

A execução de um furo de captação de água mineral ou de nascente pode atingir várias centenas de milhares de euros, dependendo do grau de complexidade da obra e da sua profundidade. Justifica-se que, para os montantes envolvidos, todos os aspectos estejam

detalhadamente definidos, tanto no que respeita à metodologia de execução e materiais a aplicar, como aos respectivos custos.

Na apreciação e selecção das propostas deverá, numa primeira análise verificar se os candidatos consultados respondem a todas as questões colocadas no caderno de encargos, procedendo-se a eventuais contactos ou reuniões para esclarecimento de eventuais questões ou omissões de relevo reduzido, exigindo-se sempre os esclarecimentos por escrito.

De entre todos os concorrentes deverão ser seleccionados apenas aqueles que revelem maior competência técnica em termos de meios, de conhecimento e de pessoal especializado e experiente, no âmbito da realização de furos de captação de água mineral ou de nascente, e cumpram todos os requisitos e solicitações apresentados no caderno de encargos.

Deverá então proceder-se a uma análise comparativa das listas de preços unitários, e condições e prazos de pagamentos, das propostas daqueles concorrentes seleccionados.

A análise comparativa dos valores globais do custo da captação para as quantidades estimadas apresentadas na lista de preços unitários, permite aferir qual o que oferece as condições mais económicas para as quantidades e tipo de trabalhos previstos. No entanto, eventuais alterações do projecto da captação poderão conduzir a alterações, por vezes significativas, das quantidades inicialmente estimadas relativas aos trabalhos ou materiais a aplicar, pelo que se deverá proceder também a uma análise comparativa entre todos os diferentes valores da lista de preços unitários, recomendando-se a modelação dos custos para cenários alternativos baseados em eventuais alteração do projecto da captação, no decurso dos trabalhos, dentro de probabilidades razoáveis, com base nos preços unitários apresentados. Só uma análise multi-opcional deste tipo poderá garantir a execução da obra com uma real minimização dos custos para as condições de qualidade e excelência requeridas.

Nem todos os preços unitários apresentados pelos Empreiteiros são realistas no sentido de corresponderem a uma correcta análise financeira, por exemplo, de custo homem/hora, máquina/hora, ou produtos fornecidos/tempo de aplicação dos mesmos, apenas para citar alguns aspectos. A falta de formação financeira por parte de grande número de empreiteiros leva a que, frequentemente, os valores apresentados sejam uma repartição aleatória dos custos estimados pelo concorrente para a globalidade da captação, sendo assumido por este que as quantidades de trabalhos serão garantidas e que não haverá qualquer alteração ao projecto da captação no decurso dos trabalhos, ou mesmo trabalhos a menos. Por vezes essa distribuição aleatória dos custos pelos diferentes itens da lista de preços, por parte do concorrente, é de tal modo irracional, que chegam a ser apresentados preços de alguns produtos abaixo do seu real custo de mercado nos respectivos fornecedores.

Esta incongruência leva, mais vezes do que seria desejável, à criação de pedidos de revisão preços por parte do Empreiteiro, no decurso da empreitada, numa postura totalmente contrária ao estipulado em termos contratuais, alegando que as alterações do projecto implicam custos mal calculados saldando-se num prejuízo para o mesmo. Embora por vezes esta postura possa apenas corresponder a uma tentativa, despropositada, de incrementar a receita da empreitada, há casos em que conduz ao abandono da obra por parte do Empreiteiro, a meio dos trabalhos.

Pelos exposto considera-se imperativo o estabelecimento de um contrato formal por escrito, e assinado entre as partes, em que o caderno de encargos deverá ser considerado como parte integrante do mesmo, ressaltando a impossibilidade de qualquer alteração dos custos unitários no decurso da obra, com direito a indemnização do Dono da Obra caso se verifique a suspensão ou abandono da obra por parte do Empreiteiro.

5.**FISCALIZAÇÃO DA OBRA**

Para garantir que os trabalhos sejam integralmente realizados de acordo com o estipulado no caderno de encargos considera-se fundamental a designação de um Fiscal de Obra permanente durante todo o período da empreitada ou, pelo menos, nas fases que se considerem cruciais.

A Fiscalização dos trabalhos deste tipo de empreitadas é essencial para a garantia da boa qualidade da execução da obra, da medição dos trabalhos realizados e para impedir ou interromper quaisquer iniciativas por parte do Empreiteiro que não correspondam ao programa de trabalhos ou que não seja admitido no caderno de encargos.

O papel da Fiscalização relaciona-se ainda com a recepção de materiais e equipamentos, áreas de estaleiro, condições de segurança, verificação de identificações e habilitações, verificação de seguros, verificação do programa de higiene e segurança, entre outros aspectos.

A Fiscalização poderá ser composta por mais do que um elemento, se os trabalhos decorrerem em contínuo, 24 horas por dia.

Os elementos da Fiscalização deverão ter formação e experiência na área de execução de furos, de modo a estarem habilitados para um adequado e oportuno acompanhamento amíúde de todos os trabalhos previstos e realizados, não devendo ter qualquer ligação directa ou indirecta com o empreiteiro da obra, ou mesmo outros empreiteiros de captações de água

A identificação e composição da Fiscalização deverá ser comunicada, por escrito, ao Empreiteiro da obra aquando do processo de adjudicação da empreitada.

A Fiscalização deverá comunicar de imediato ao Dono da Obra qualquer desvio na metodologia de execução dos trabalhos ou de qualquer problema que surja no decurso dos mesmos, podendo em casos relevantes determinar a interrupção imediata dos trabalhos.

A Fiscalização deverá anotar os trabalhos realizados, quantidades de materiais e produtos aplicados, compilando toda a informação numa nota técnica semanal que deverá ser entregue ao Dono da Obra e ao Projectista da captação.

No final da obra deverá ser elaborado um relatório completo da obra, com uma síntese dos principais aspectos e da evolução da mesma, incluindo em anexo todas as notas técnicas semanais elaboradas pela Fiscalização no decurso da obra.

A Fiscalização deverá validar, ou não, os autos de medição entregues pelo Empreiteiro. Só após a validação dos autos de medição é que poderão ser emitidas as facturas pelo Empreiteiro.

6.

TRABALHOS PREPARATÓRIOS

6.1 – Reunião preparatória

Uma vez seleccionada a empresa de sondagens e adjudicada a obra, deverá ter lugar uma reunião, antes do início dos trabalhos, no local da obra, onde se procederá a uma revisão do caderno de encargos e da proposta do Empreiteiro, dando-se destaque à abordagem dos temas considerados como mais delicados na execução da captação.

Nesta reunião deverão participar o Dono da Obra, o Projectista da captação, a Fiscalização e o do Director da Obra do Empreiteiro, entre outras entidades que o Dono de Obra considerar oportunas como elementos da segurança das suas instalações e responsáveis pela manutenção das instalações.

Deverá ser definido, no local, a totalidade da área de trabalho, onde se inclui a plataforma de trabalho associada à sonda de perfuração, a colocação da varas, dos tanques de lamas, dos compressores, das mangueiras, etc., assim como as áreas de contentores de apoio para ferramentaria, armazenamento de produtos e materiais, escritórios e/ou laboratório, e também as vias de circulação de pessoas e veículos e a área de estacionamento. Trata-se, basicamente, de definir previamente a organização do estaleiro de obra antes do início da mesma.

No caso da área de trabalho se situar numa área de circulação de público, considera-se prudente, mesmo necessário, prever-se a completa vedação do local a pessoas e veículos, por questões de segurança. Caso a área de trabalho se situe dentro de instalações já vedadas bastará, eventualmente, a delimitação da área de trabalho com fita sinalizadora vermelha e branca, complementada com a informação a todos os funcionários do Dono da Obra sobre os cuidados de circulação a ter. Em qualquer dos casos deverá ser colocada sinalética associada à limitação de acesso a funcionários da obra, proibição de acesso a pessoas não autorizadas, e sobre a indumentária exigida no programa de higiene e segurança da obra, entre outros aspectos.

Nesta reunião preliminar, cerca de quinze dias antes do início da empreitada, deverão também ser analisados os aspectos relacionados com os acessos aos veículos de transporte, em geral de grandes dimensões, dos materiais e equipamentos.

As questões relacionadas com o abastecimento de água e de energia eléctrica deverá ser analisadas e resolvidas no decurso dessa reunião, ficando estabelecido os pontos de obtenção dos mesmos, eventuais adaptações a empreender, ou a necessidade de utilização de geradores de energia eléctrica e/ou de atrelados cisterna, tipo jopers, para abastecimento de água.

Deverá proceder-se à revisão dos trabalhos a realizar e à análise do cronograma por forma a garantir que o Empreiteiro se encontra perfeitamente ciente do tipo de trabalho a realizar e dos materiais a aplicar.

Será estabelecido o dia de semana mais conveniente para as reuniões semanais de obra com a presença do Dono da Obra, do Projectista da captação, da Fiscalização e do Director da Obra do Empreiteiro, entre outros elementos.

Deverá ser recordado ao empreiteiro, nesta reunião, os critérios de aceitação dos materiais e equipamentos a utilizar em obra, no que respeita ao seu estado de limpeza, e que caso se verifique a necessidade de aplicação dos procedimentos de limpeza definidos no caderno de

encargos, esses tempos de limpeza não poderão ser imputáveis ao Dono da Obra como tempos de períodos de espera ou similares.

Nesta reunião o Empreiteiro deverá, obrigatoriamente, proceder à entregar ao Dono de Obra das cópias das apólices dos seguros de acidentes de trabalhos de todos os funcionários destacados para a obra e da apólice do seguro de responsabilidade civil ou profissional de acordo com os requisitos estabelecidos no caderno de encargos.

Após a reunião deverá ser elaborada pela Fiscalização uma acta com descrição de todos os temas debatidos, definidos e acordados ao longo deste encontro.

6.2 – Arranque dos trabalhos

Aquando do início dos trabalhos, o Dono da Obra ou a Fiscalização por si designada, deverão proceder à supervisão dos seguintes aspectos, à luz dos preceituados definidos no caderno de encargos e da reunião preparatória:

- verificação da delimitação ou vedação da área de trabalho pré-definida;
- verificação da organização e disposição das componentes do estaleiro;
- verificação das identificações do pessoal e aferição com as respectivas cópias de seguro de acidentes de trabalho;
- avaliação do grau conhecimento sobre as condições de segurança em obra, condições de segurança e de acesso nas instalações do dono da obra e localização e acesso às instalações sanitárias;
- verificar a presença do livro de obra legalmente aceite e aprovado e proceder à abertura do mesmo;
- conferir a presença de “partes diárias” e acordar o local e hora para a entrega no dia seguinte ao qual se refere a mesma;
- aprovação da indumentária de trabalho e dos equipamentos de higiene e segurança da equipa de sondadores, no que respeita a capacetes, botas de trabalho aprovadas e luvas de trabalho, entre outros aspectos;
- recepção e validação de todos os equipamentos, materiais e produtos a utilizar em obra em face dos requisitos definidos no caderno de encargos e da reunião preparatória;
- verificação do estado de limpeza de todos os equipamentos;
- solicitação de limpeza dos equipamentos, materiais ou ferramentas que não cumpram os requisitos definidos no caderno de encargos, de acordo com os procedimentos de limpeza definidos no mesmo;
- aprovar o local de posicionamento definitivo da sonda;
- acompanhar e aprovar o nivelamento da sonda;
- aprovar a verticalidade da torre da sonda de perfuração, ou da sua inclinação caso o furo seja inclinado;
- aprovar as ligações aos pontos de fornecimento de electricidade e de água previamente estabelecidos;

- aprovar as condições de preparação da plataforma de trabalho;
- aprovação da placa de identificação da empreitada, do Empreiteiro, e do Dono de Obra, assim como da respectiva localização e da sinalética informativa e de segurança exigida.

Nesta fase inicial será ainda acordado o local para acumulação de resíduos de furação e das lamas de estabilização, o traçado dos sistemas de drenagem das águas captadas e o sector específico para colocação das amostras de furação para identificação e placas de identificação das respectivas profundidades.

Salienta-se a necessidade de, aquando da recepção dos materiais e equipamentos, seja dada particular atenção ao estado de limpeza dos equipamentos. A presença de produtos contaminantes nos equipamentos, ao nível de ferramentas de corte, varas, tubagens de injeção, bombas submersíveis, mangueiras, etc., poderá conduzir a situações de contaminação cruzada proveniente de anteriores perfurações realizadas com os equipamentos, nomeadamente através de hidrocarbonetos, pesticidas, compostos químicos nocivos, entre outros. Haverá que ter presente que os equipamentos utilizados na execução de furos de captação de água podem também ser utilizados em estudos de zonas contaminadas de natureza diversa, ou mesmo serem utilizados para execução de furos para captação de biogás em antigas lixeiras ou aterros sanitários.

7.

EXECUÇÃO DA CAPTAÇÃO

7.1 – Síntese das fases de execução de uma captação

Durante a execução de um furo de captação de água subterrânea podem distinguir-se, as três fases que adiante se enumeram, em sentido lato, atendendo às diferentes actividades desenvolvidas em cada uma.

Fase de perfuração e isolamentos intercalares -Trata-se da fase em que se perfuram as formações geológicas para se atingir, total ou parcialmente, a formação, ou formações litológicas a que o aquífero de água mineral se encontra associado. Apesar de grande parte desta fase corresponder à perfuração das litologias, integra também a aplicação de determinados isolamentos preliminares simples ou com entubamentos perdidos, bem como a realização de diagrfias para aferir o posicionamento dos níveis aquíferos que se pretendem captar, a verificação da verticalidade da perfuração ou da inclinação pretendida, no caso de ser inclinada. Nesta fase procede-se também, sempre que as condições ou os métodos de perfuração o permitirem, ao controlo hidrológico da captação e à avaliação dos caudais extraídos com compressor, e à recolha e análise de amostras de resíduos de furação.

No final da fase de perfuração a análise de todos os elementos recolhidos ao nível de resíduos de furação, caudais, dados hidroquímicos e registos das diagrfias, complementado com a informação geológica, estrutural e hidrogeológica da primeira fase de prospecção, deverá conduzir à aferição do projecto da captação no sentido de definir a sua construção detalhada na fase seguinte.

Fase de construção e isolamento final – Esta fase inicia-se após a conclusão dos trabalhos de perfuração, correspondendo em geral ao encamisamento do furo com tubos fechados e tubos ralos colocados às profundidades dos níveis aquíferos a captar, à colocação do maciço drenante entre a tubagem de revestimento e as paredes do furo nos sectores produtivos, aos isolamentos pontuais quer na base do furo quer em níveis intercalares entre níveis produtivos e ao isolamento final acima do sector superior do maciço drenante.

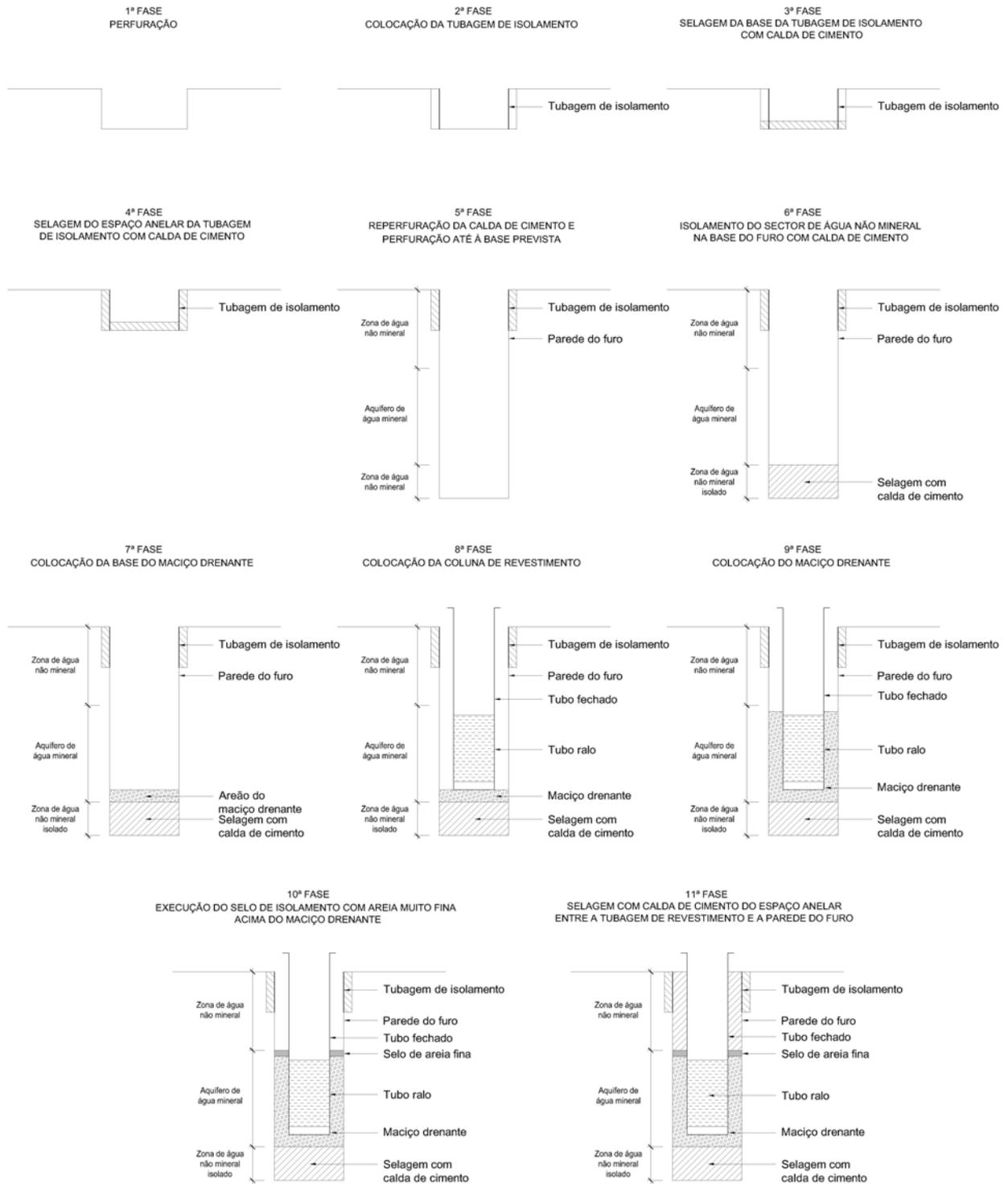
Fase de desenvolvimento, limpeza e desinfecção – Após a construção da captação haverá que proceder ao desenvolvimento da captação, por meios mecânicos e químicos, no sentido de remover os resíduos de lamas do interior do maciço drenante e do próprio maciço, assim como o desenvolvimento do próprio maciço envolvente através da limpeza de fracturas nos maciços rochosos, ou da remoção e extracção da fracção mais fina inferior às dimensões da granulometria do material do maciço drenante e da abertura dos ralos. Esta fase contempla ainda a limpeza da captação de modo a remover resíduos de lamas ou de material de furação dos ralos e das paredes e juntas das tubagens de revestimento, cuja persistência na captação apenas fomentaria a fixação de microorganismos nesses materiais e produtos.

Tendo em conta que os materiais utilizados na perfuração da captação e na sua construção não são na sua maioria desinfectados, será prudente proceder a uma desinfecção controlada do interior da captação de modo a atingir também o maciço drenante e o maciço imediatamente envolvente à captação, com o objectivo de erradicar quaisquer microorganismos remanescentes na captação.

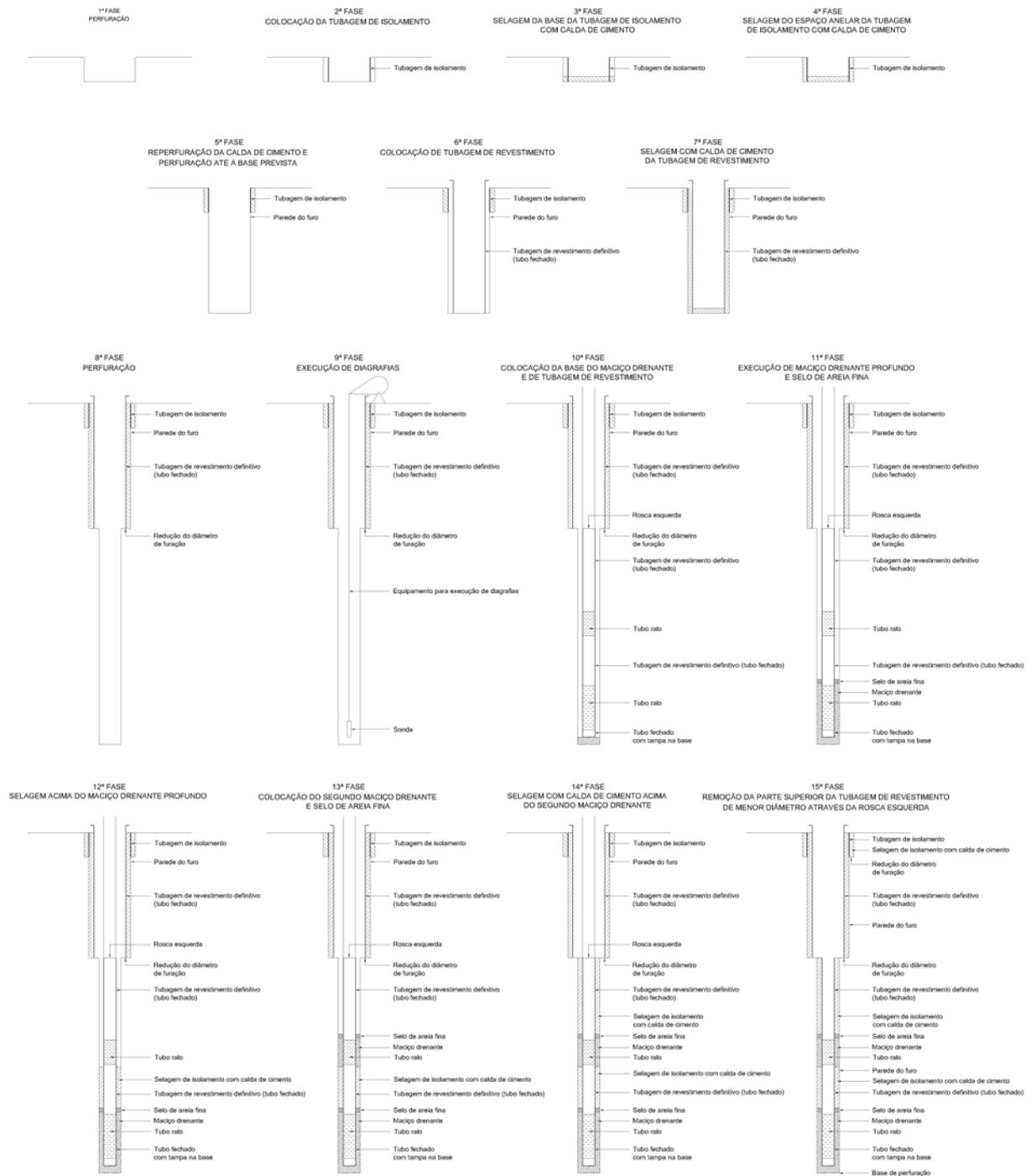
Haverá ainda que proceder, após a conclusão da captação e dos trabalhos indicados, à caracterização hidráulica da captação, tal como recomendado noutra fascículo subsequente, elaborado pelo Dr. Albino Medeiros.

Para melhor elucidar o Empreiteiro da obra sobre a sequência de execução dos trabalhos será conveniente que o Projecto da captação inclua um conjunto esquemas com as diversas fases construtivas, tal como se ilustra na figura seguinte.

Este esquema de evolução da execução da captação deverá ser adaptado, em face dos elementos litológicos e hidrogeológicos, que vão sendo obtidos no decurso dos trabalhos.



Exemplo esquemático simplificado das diversas fases de execução de uma captação



Exemplo esquemático simplificado das diversas fases de execução de uma captação

7.2 – Fase de perfuração

7.2.1 - Perfuração destrutiva e não destrutiva

Existem dois processos de perfuração em termos de tipo de amostragem, a perfuração destrutiva e a perfuração não destrutiva.

A perfuração destrutiva dos terrenos consiste, na fragmentação das formações intersectadas no percurso linear de uma ferramenta de corte, e na ascensão dos materiais fragmentados até à superfície, com recurso a um fluido de transporte, procurando-se manter estáveis as paredes do furo gerado por este processo de perfuração e transporte do material fragmentado.

Na perfuração não destrutiva, o material rochoso é cortado de forma circular por uma peça de corte cilíndrica, o que permite obter uma amostra com formato também cilíndrico, correspondendo à parte do maciço não cortado que fica remanescente no interior da peça de corte, sendo recolhido num amostrador associado à ferramenta de corte, tal como mais adiante se abordará.

Em ambos os métodos de perfuração, destrutiva e não destrutiva, o dispositivo de corte é introduzido no terreno acoplado a um trem de varas que rodam concentricamente. A rotação das varas e da ferramenta de corte é garantida por um mecanismo instalado à superfície do terreno, num equipamento de sondagem, designado por sonda de perfuração.

A perfuração destrutiva é o método mais utilizado na execução de furos de captação de água, sendo o sistema de perfuração não destrutiva, com amostrador, reservado para situações específicas relacionadas com sondagens de prospecção e/ou instalação de piezómetros, ainda na fase do estudo hidrogeológico inicial em que, por vezes, se torna essencial uma amostragem quase integral das formações. Este método com amostrador é limitado apenas a formações rochosas.



Amostras de resíduos da perfuração destrutiva.



Amostras da perfuração não destrutiva, com amostrador.

7.2.2 - Sondas de perfuração

São vários os tipos de sondas de perfuração, podendo ser constituídas por pequenos equipamentos autónomos compostos por um conjunto de rodados ou de lagartas, uma pequena torre de elevação a que se encontra acoplada um dispositivo de rotação e um painel de comandos. Estas pequenas sondas de perfuração são designadas por “rock”, estando limitadas a pequenas profundidades e diâmetros de perfuração, sendo algumas limitadas a um único tipo de método de perfuração.



Sonda pequena de rastros ou lagartas.



Sonda pequena de rodados.

Outras sondas de maior dimensão são constituídas por camiões, de média a grande dimensão, com várias toneladas, de três ou mais eixos, em que na retaguarda dos mesmos se encontra instalada o sistema de perfuração constituído uma torre com vários metros de altura, um dispositivo hidráulico para a rotação das varas, um painel de comandos, e por vezes bombas hidráulicas para injeção de água, lamas ou cimento, bem como sectores para armazenar as varas de furação e as ferramentas de corte.

Estas sondas de perfuração permitem, por regra, o recurso a diferentes métodos de perfuração, com recurso a diferentes fluidos de circulação.



Sondas de perfuração montadas em camião de vários eixos.

Por vezes a sonda de perfuração corresponde a um simples atrelado que é transportado por um camião para o local de obra, possuindo um motor e um circuito hidráulico, autónomos.



Sonda de perfuração montada em atrelado.

Os equipamentos mais sofisticados, em geral utilizados para grandes profundidades de perfuração, são compostos por um conjunto de plataformas de atrelados de semi-reboques. Ao atrelado com a sonda propriamente dita podem ser acopladas, no local da obra, um conjunto de plataformas de trabalho metálicas suspensas, e de apetrechos para manobra de varas e materiais afins. Incluem uma cabine de comando própria.



Plataforma de perfuração, para grandes profundidades, montada sobre atrelado.

Os diferentes tipos de sondas referenciados podem atingir diferentes profundidades, dependendo da sua potência hidráulica, do torque do sistema de rotação, da potência e da capacidade de carga do dispositivo de elevação das varas, do tipo de fluido de circulação, do método de perfuração, da potência e do caudal das bombas de injeção ou de aspiração, do compressor utilizado, podendo atingir algumas centenas de metros e, no caso das mais potentes e robustas, com métodos de perfuração específicos não dependentes de potência e capacidade de compressores de ar, podem ultrapassar o milhar de metros.

O dispositivo hidráulico que origina a rotação das varas encontrar-se, em geral, instalado numa peça colocada na torre vertical, designada por cabeça de rotação, accionada hidraulicamente, a qual desliza ao longo da torre, através de um sistema de correntes em aço, accionadas e comandadas por sistemas mecânicos de engrenagem.

Dependendo dos modelos dos equipamentos a cabeça de rotação pode ser fixa, por vezes com mobilidade lateral, ou basculante, neste caso para facilitar a acopolação das varas de furação muito compridas. Em termos de movimentos as cabeças de rotação permitem, em geral, apenas o movimento de rotação, embora existam alguns equipamentos que permitem movimentos de rotação ou de percussão da cabeça.



Cabeças de rotação, fixa e basculante.

Nalguns casos o sistema de accionamento da rotação das varas é constituído por um dispositivo situado ao nível da base da plataforma da sonda perfuração, tendo a designação de mesa de rotação, não existindo neste caso uma cabeça de rotação. A rotação das varas é garantida por uma vara de secção quadrada, também conhecida por vara Kelly, inserida e accionada numa mesa de rotação constituída por uma cremalheira e um pinhão de ataque que originam a movimentação axial da vara. Estes dispositivos permitem um torque significativo.



Mesa de rotação com vara quadrangular ou vara Kelly.

Quando durante a furação a parte superior da vara Kelly atinge a mesa de rotação, aquela vara é elevada e desconectada da vara cilíndrica situada imediatamente abaixo, a qual por sua vez é mantida suspensa junto à mesa de rotação. A esta vara cilíndrica é acoplada uma nova vara cilíndrica, com a dimensão idêntica à da vara Kelly. As varas cilíndricas são descidas no furo de modo a que o topo da nova vara acoplada fique suspenso ao nível da mesa de rotação, procedendo-se à conexão da vara Kelly ao topo da nova vara cilíndrica acoplada. Após a conexão daquelas duas varas, a base da vara Kelly fica posicionada ao nível da mesa de rotação. A perfuração prossegue até que o topo da vara Kelly atinja de nova a mesa de rotação,

Nalgumas situações, na fase inicial da perfuração recorre-se a varas com uma espessura de parede maior, portanto mais pesadas, com o objectivo de incrementar a penetração da cabeça de corte e aumentar a pressão sobre a mesma, reservando-se as varas de paredes menos espessas, mas igualmente resistentes, para as profundidades em que o peso de toda a ferramenta é suficiente para garantir a pressocução da furação sem sobrecargas específicas e também para evitar excesso de peso sobre a ferramenta de corte o que pode abrandar a progressão e aumentar o desgaste da peça de corte.

Existem também as designadas varas de peso, particularmente espessas e pesadas, chegando a atingir cerca de uma tonelada numa vara de três metros. Estas varas de peso têm a função específica de constituir uma sobrecarga significativa sobre a ferramenta de corte.



7.2.3 – Ferramentas de corte

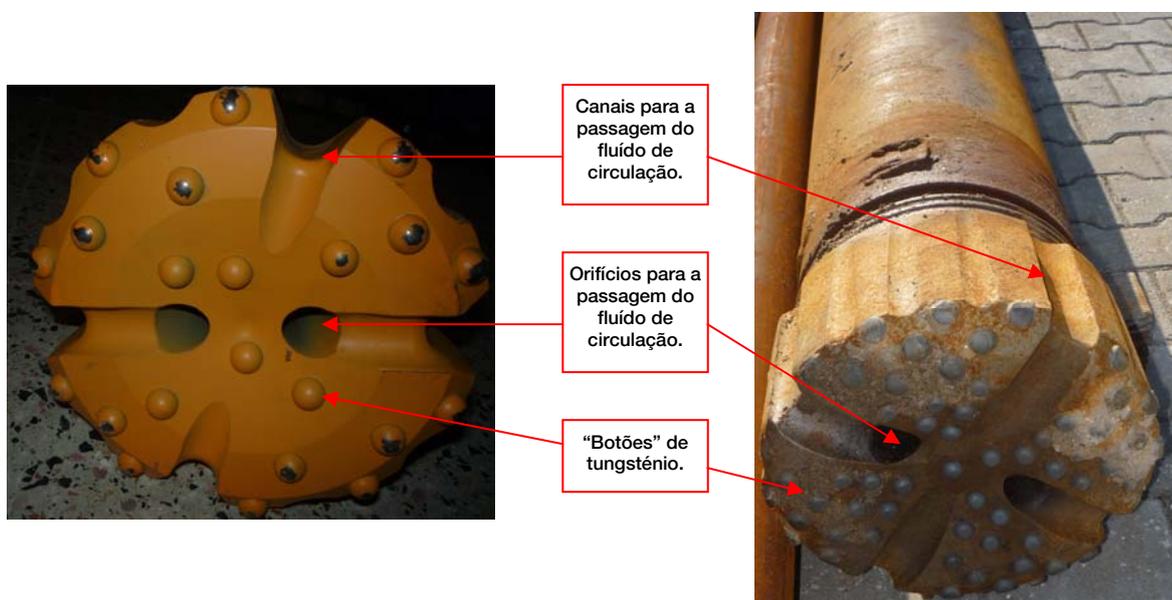
7.2.3.1 – Furação destrutiva

Os métodos de perfuração na execução de furos de captação de água são todos destrutivos, isto é, a acção das ferramentas de corte implicam a fragmentação da formação perfurada.

Tendo em conta que a distinção entre os principais métodos de perfuração reside, em grande parte, no tipo de ferramenta de corte aplicada na perfuração, a presente abordagem sobre os métodos de perfuração inicia-se precisamente pela apresentação das diferentes ferramentas de corte que existem, na perfuração destrutiva, para fragmentar a formação perfurada.

As ferramentas de corte mais utilizadas actualmente na perfuração para a execução de furos são as que em seguida se identificam.

Martelo de fundo de furo, ou simplesmente com martelo, com botões de tungsténio,.



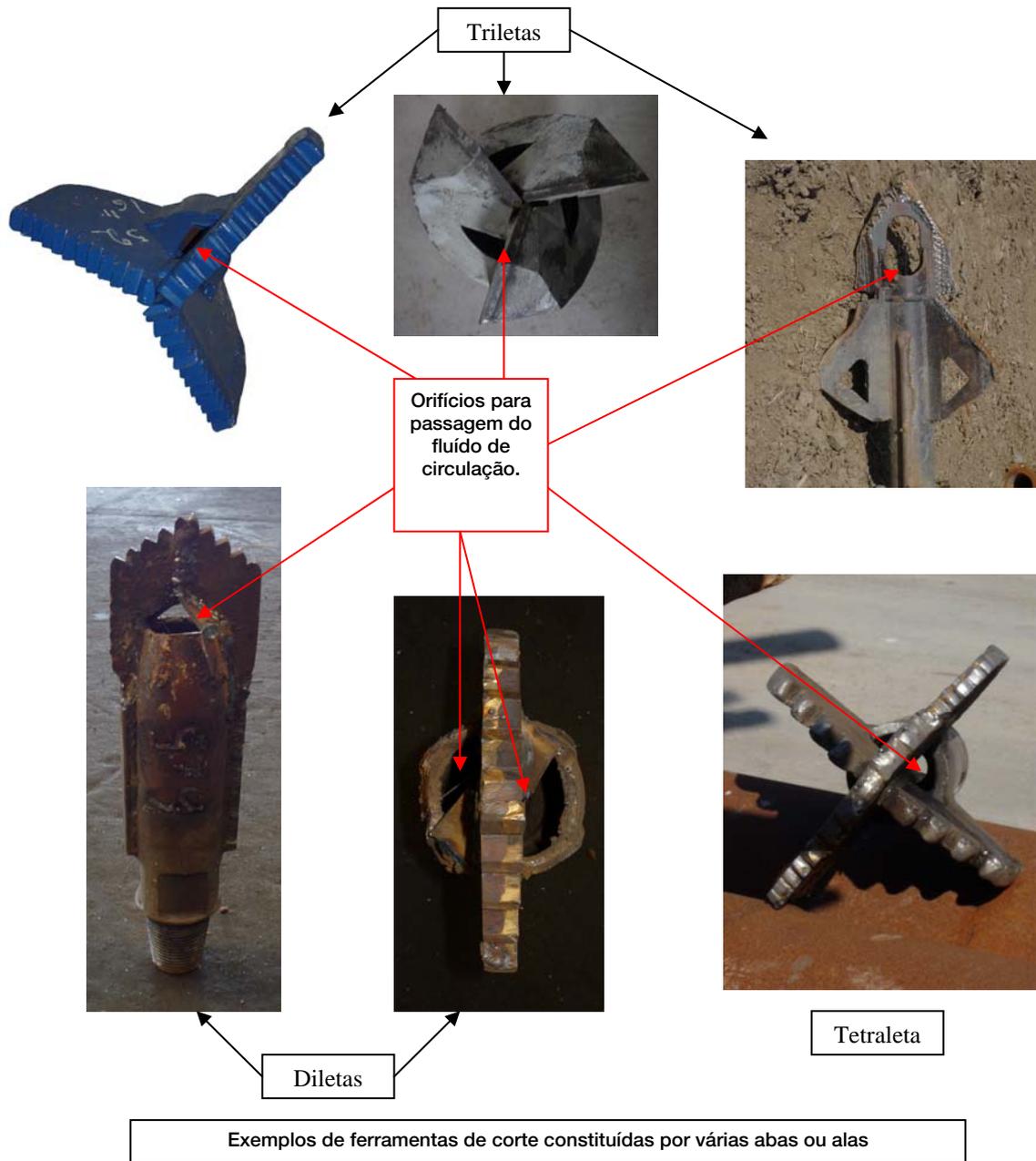
Martelo de fundo de furo

Os diâmetros utilizados variam normalmente desde 114 mm (4 1/2”) a 381 mm (15”), embora existam diâmetros comercializados no mercado desde 55 mm (2 1/6”) a 610 mm (24 “). Apresenta-se abaixo alguns dos diâmetros comercializados no mercado internacional.

mm	55	64	70	76	85	90	95	100	104	105	108	110	114	119	124	127	130	140	149
“	2-	2-	2-	3	3-	3-	3-	3-	4-	4-	4-	4-	4-	4-	4-	5	5-	5-	5-

mm	152	156	165	178	194	200	203	215	222	241	254	302	311	438	445	489	610
“	6	6 ^{1/8}	6 ^{1/2}	7	7 ^{5/8}	7 ^{7/8}	8	8 ^{1/2}	8 ^{3/4}	8 ^{1/2}	10	11 ^{7/8}	12 ^{1/4}	17 ^{1/4}	17 ^{1/2}	19 ^{1/4}	24

Ferramentas de corte constituídas por abas, ou alas simples, são designadas por diletas, triletas ou tetraletas consoante o número de abas da ferramenta de corte



Estas ferramentas de corte são normalmente fabricadas nas próprias oficinas das empresas de perfuração pelo que o seu diâmetro é muito variável, podendo ser executadas por medida para uma obra específica.

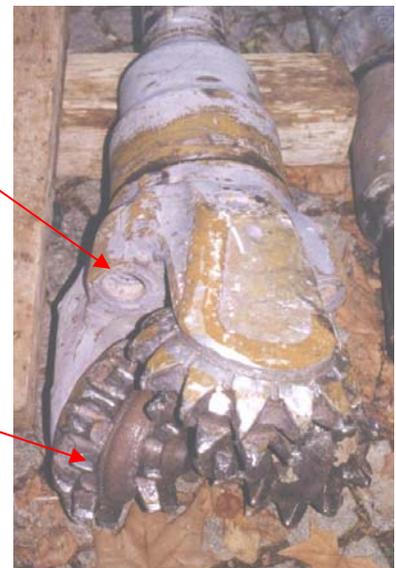
Bite de roletes, ou tricone, constituído por três cones móveis encastados com botões, prismas de tungsténio, ou prismas em aço, que giram na base da ferramenta cilíndrica.



Orifícios para a passagem do fluido de circulação.

“Botões” de tungsténio.

Prismas em tungsténio ou am aço.



Ferramentas de corte designadas por tricone ou bite de roletes

Os diâmetros mais utilizados situam-se entre os 76 mm (3”) e os 600 mm (26”).

Apresentam-se em seguida alguns dos diâmetros, da quase infindável gama de dimensões comercializadas no mercado internacional.

mm	64	67	70	73	75	76	79	83	89	92	95	98	102	105	108	111	114	117	121
”	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4

mm	124	127	130	133	137	140	143	144	146	149	152	156	159	165	168	171	187	190	200
”	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7

mm	216	222	229	241	251	270	279	295	311	343	349	375	381	394	406	445	508	610	600
”	8	8	9	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	20	24	26

Além das ferramentas de corte mencionadas, utilizadas na furação destrutiva, existem ferramentas destinadas especificamente à limpeza da base da furação para remoção de seixos ou calhaus de grande calibre, em sectores detríticos de difícil avanço, designadas por limpadeiras uma vez que desempenham a função de limpeza da base do furo. Tratam-se de peças cilíndricas soldadas a uma vara, cuja base apresenta uma ferramenta de corte tipo prismática, como se ilustra na fotografia seguinte, com a função de deslocar os seixos e calhaus de grande calibre para o seu interior. Na base do cilindro existe uma pequena tampa amovível redonda que se mantém aberta para a entrada do material perfurado, mas que se fecha aquando da ascensão da limpadeira, por efeito do peso, no seu interior, do material perfurado. Estas ferramentas são utilizadas apenas no método de perfuração à rotação, ou “rotary”.



Outras ferramentas de corte são os chamados afinadores que têm por objectivo regularizar a parede do furo. Encontram-se inseridos nas varas imediatamente após a vara que transporta a ferramenta de corte. São em geral constituídos por peças cilíndricas móveis cuja rotação decorrente do movimento das varas provoca o corte das superfícies ainda salientes da parede do furo, regularizando-as.



Afinador do diâmetro de perfuração incorporado numa vara.

Quando se pretende proceder ao alargamento de uma zona perfurada recorre-se à utilização de peças de corte de alargamento, as quais são em geral constituídas por uma peça de corte guia frontal que prossegue na zona já perfurada, e por um conjunto de peças de corte mais largas acopoladas imediatamente atrás. A rotação destes conjuntos permite o alargamento do furo. As manobras de alargamento deverão ser acompanhadas por verificações da verticalidade da perfuração, que adiante se abordará, pois poderá sempre ocorrer o desvio da ferramenta de alargamento relativamente ao eixo da perfuração original que se pretende alargar.



Ferramentas de corte para alargamento de furos.

7.2.3.2 – Furação com amostrador

Na perfuração com amostrador para recolha de tarolos cilíndricos de amostra da formação rochosa utilizam-se coroas de corte cilíndricas as quais podem ser compostas por uma massa muito rija impregnada por finos grãos de diamante industrial, ou por prismas de tungsténio. As coroas diamantadas são utilizadas em formações rochosas muito rijas enquanto que as coroas de prismas de tungsténio são mais adequadas para formações mais brandas.

A perfuração ocorre ao longo da superfície circular de contacto das coroas com o maciço rochoso. Na parte interior destas coroas não ocorre desgaste do maciço rochoso pelo que a progressão deste tipo de perfuração permite a obtenção de peças cilíndricas do maciço rochoso que corresponde ao espaço remanescente no interior das coroas de perfuração, o que permite a obtenção de uma amostra cilíndrica da formação perfurada, a qual é recolhida para o interior de um amostrador que se situa imediatamente acima da coroa de corte.

As coroas apresentam pequenos rasgos radiais que têm por função permitir a passagem do fluido de circulação na zona de corte e o arrastamento e remoção dos resíduos de perfuração da faixa anelar perfurada.



Coroas diamantadas para perfuração não destrutiva, com amostrador

7.2.4 – Métodos de furação

7.2.4.1 - Principais métodos

Os métodos de perfuração destrutiva utilizados no nosso país para a realização de furos de captação de água são:

- método de rotopercussão;
- rotação ou “rotary” - simples
- múltipla, com tricône.

Outros métodos, tais como o de percussão simples, com recurso a trépano e limpadeira caíram em desuso devido ao seu baixo rendimento e conseqüente elevado custo. Este método consiste na queda de um pilão cilíndrico pesado, designado por trépano, do alto de um tripé para o interior do furo e posterior remoção dos detritos da fragmentação com um cilindro metálico ôco, designado por limpadeira, munida com uma tampa móvel na base, que era também lançada no interior do furo para limpar os resíduos originados por um conjunto de quedas consecutivas do trépano. Para manter estáveis as paredes destes furos era progressivamente cravado um tubo cilíndrico no furo, que acompanhava o avanço da perfuração.

No final desta alínea sobre métodos de perfuração é abordada, de forma ligeira, a metodologia aplicada no sistema de perfuração com amostrador designado por “wireline”, aplicado por vezes nas fases de prospecção e pesquisa hidrogeológica e/ou na construção de piezómetros de monitorização.

7.2.4.2 - Rotopercussão

Este método consiste na perfuração com ar comprimido, e com o designado martelo de fundo-furo como ferramenta de corte.

O martelo de fundo-furo é constituído por uma peça cilíndrica frontal encastada com prismas de tungsténio acoplado a um outro corpo cilíndrico anterior que, por sua vez, é conectado ao trem de varas. Entre a peça frontal e o corpo anterior cilíndrico existe, num espaço interior, uma mola de grande resistência. Esta mola é accionada mediante a passagem de ar comprimido no sistema o que imprime um movimento de vai-vém na peça frontal de corte. Este processo de extensão e contracção da mola é muito rápido tornando-se semelhante ao que se pode observar num martelo demolidor utilizado na construção civil. O movimento de vaivém da peça frontal do martelo devido à pressão do ar e ao movimento da mola imprime uma percussão cíclica no

material a perfurar, fragmentando-o. Além deste movimento de percussão existe um movimento simultâneo de rotação pois as varas encontram-se a rodar devido ao movimento que lhes é imprimido pela cabeça de rotação à qual o trem de varas se encontra acoplado. O movimento de rotação, apesar de relativamente lento (5 a 15 rpm) promove também a fragmentação do material e a sua movimentação. Pelo facto deste método possuir duas componentes de movimento, a de percussão e a de rotação, é conhecido como roto-percussão.

Os resíduos de furação, originados na base do furo pela ferramenta de corte, são removidos pelo fluido de circulação, e transportados pelo mesmo até à superfície do furo. Esta limpeza contínua dos resíduos de furação permite o avanço da perfuração com a aplicação da percussão sobre uma nova superfície do maciço rochoso fresca, fragmentando-a. Basicamente o método consiste em fragmentar a rocha e limpar os resíduos em simultâneo com a passagem do fluido de circulação, permitindo a avanço da perfuração através da aplicação de uma pressão sobre as varas e a ferramenta de corte, que é originada na torre da sonda pela acção das correntes a que se encontra presa a cabeça de rotação à torre.

7.2.4.3 - Rotação ou “Rotary”

Haverá que distinguir neste método o tipo de ferramenta de corte. Por um lado as ferramentas simples em ferro ou aço com formatos diversos e, por outro lado, os tricônes encastoados com prismas ou botões de tungsténio ou aço carbono.

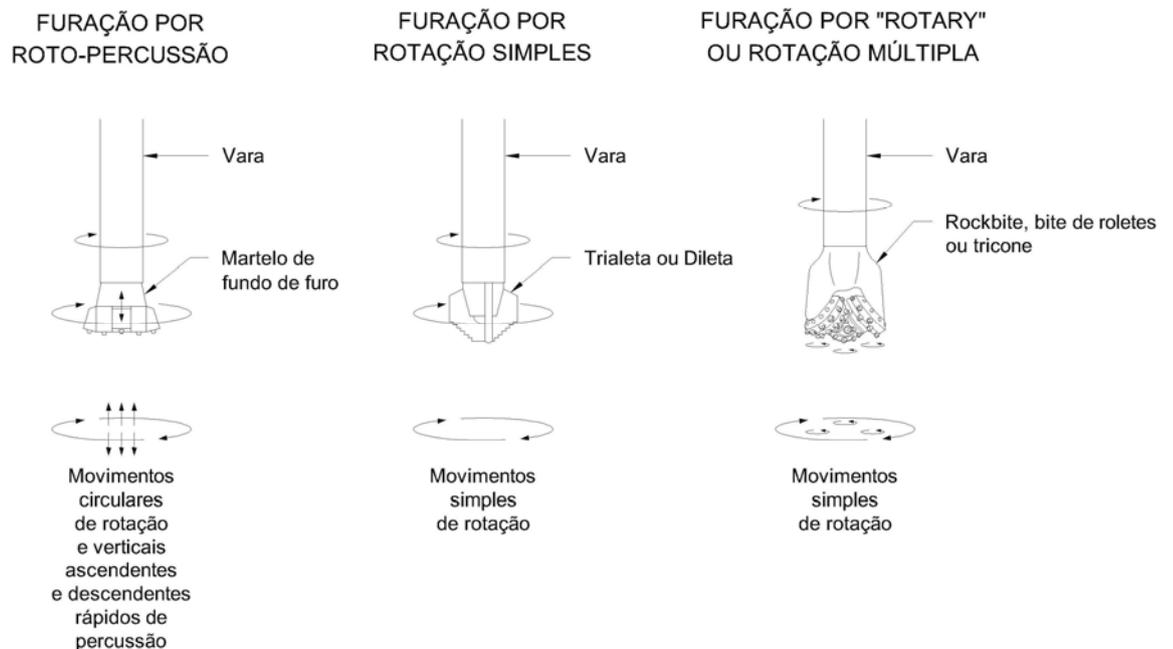
Pode incluir-se neste tipo de perfuração os dois tipos de ferramentas de corte indicados, embora se reserve, em geral, a designação Rotary quando é aplicado o designado bit de roletes ou tricône. No entanto, mesmo quando se utilizam outros tipos de ferramentas de corte o método é, basicamente, à rotação pois também se baseiam unicamente na rotação da peça de corte. Curiosamente, na literatura anglo-saxónica sobre métodos de furação o anterior método descrito de roto-percussão é considerado também como um tipo de rotary, ao qual é aplicada alguma percussão, uma vez que rotary designa rotação em inglês.

As ferramentas de corte mais simples, em aço, apresentam formatos diversos, como ponteiros, espátulas ou abas, ou também com prismas de tungsténio, são em geral aplicadas em formações brandas a muito brandas. Estas ferramentas são na grande maioria dos casos construídas nas oficinas dos empreiteiros. O processo de perfuração consiste em fazer rodar a ferramenta de corte que se encontra acoplada ao trem de varas. A pressão intencionalmente incrementada de forma controlada sobre a cabeça de rotação, a qual é transmitida às varas e à ferramenta de corte, complementada com a rotação das varas e da ferramenta de corte, permite fragmentar o terreno na base do furo. A limpeza dos materiais fragmentados e a sua ascensão até à superfície poderá ser garantida por diversos fluidos, tais como ar, água ou lamas de estabilização. Os métodos relacionados com a aplicação dos tipos de fluidos de limpeza dos fragmentos, assim como os diferentes circuitos de injeção são abordados com maior detalhe mais adiante.

A aplicação das ferramentas de corte para perfuração de terrenos brandos brandos a muito brandos, ou não consolidados, é mais económica do que os tricônes pois o custo destas ferramentas é muito inferior. Como a resistência dos materiais que constituem este tipo de ferramentas de corte é baixa, não podem ser aplicadas em formações mais duras ou resistentes, sob a pena de serem literalmente desfeitas.

A ferramenta de corte constituída pelo tricône é muito mais resistente, quer em termos do aço que a constitui quer pelo facto de se encontrar impregnada de prismas, ou botões, de tungsténio, ou de aço carbono, de elevada resistência, o que permite a sua aplicação nos materiais mais resistentes, mas também nos menos resistentes.

Neste caso, o método de fragmentação dos terrenos consiste igualmente apenas na rotação do trem de varas e do tricône. Cada um dos cones do tricône impulsionado pelo movimento de rotação da peça em que se encontram inseridos tendem a rolar sobre si mesmos acompanhando o movimento de rotação. O movimento de rotação dos cones e a dureza dos seus prismas, associado a pressão vertical promovida pelo sistema hidráulico sobre a cabeça de rotação, sobre as varas e sobre o tricône, tende a fragmentar rocha.



Esquema comparativo entre os diferentes movimentos das ferramentas de corte dos métodos de perfuração mais utilizados.

7.2.4.4 - Rotação com amostrador

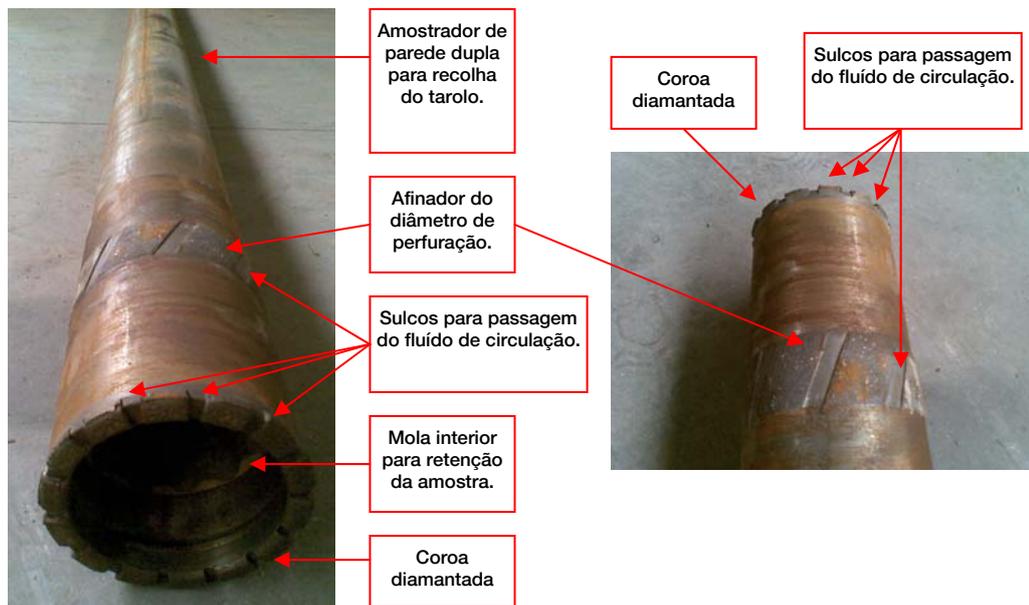
Tal como se referiu anteriormente, podem ser realizadas perfurações à rotação com obtenção de tarolos cilíndricos da formação rochosa. O método mais utilizado neste tipo de perfuração à rotação, em sondagens de prospecção de água subterrânea, é o método designado na terminologia anglosaxónica como "wireline", traduzido livremente como método do cabo de aço.

Este método consiste na perfuração com elevada rotação, recorrendo à utilização de coroas cilíndricas diamantadas ou de prismas de tungsténio, que se encontram inseridas na base de um amostrador cilíndrico de paredes duplas. A coroa de perfuração situa-se na base de um conjunto de varas largas, semelhantes a tubagens de revestimento. O amostrador encontra-se posicionado imediatamente acima da coroa de perfuração, no interior da base das varas, solidário com as mesmas. Durante a perfuração o segmento perfurado do maciço, com forma cilíndrica, vai entrando para o interior da coroa e do amostrador, até preencher o comprimento total do amostrador. Quando o amostrador se encontra cheio, correspondendo ao comprimento do avanço do amostrador, procede-se à recolha do amostrador para a superfície pelo interior das varas. Esta recuperação do amostrador consiste em introduzir pelo interior das varas uma ferramenta de pesca pendurada num cabo de aço. Ao atingir a parte superior do amostrador a ferramenta de pesca engata na parte superior do amostrador através de um sistema mecânico, permitindo içá-lo até à superfície com o cabo de aço. Após a extracção da amostra do interior do amostrador, este é de novo introduzido no interior das varas, ligado à ferramenta de pesca e ao cabo de aço. Quando atinge a base do interior das varas de perfuração o amostrador é fixo

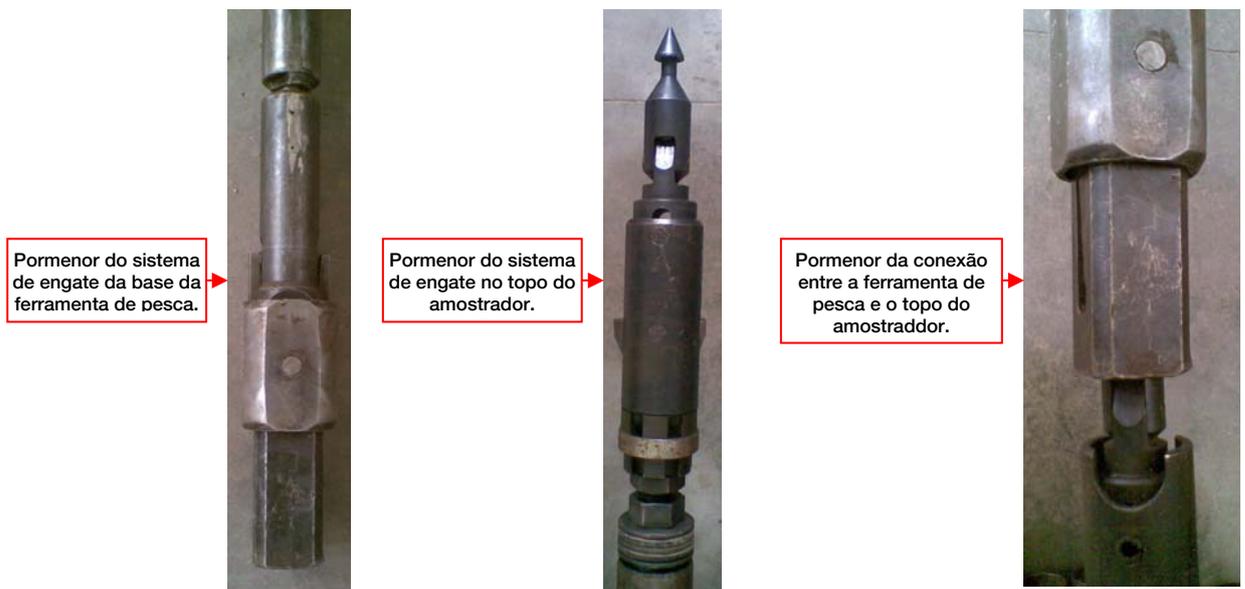
automaticamente à base das varas e à coroa de corte, sendo libertado da ferramenta de pesca que é içada até à superfície, sendo posteriormente retomada a perfuração.

A tecnologia de perfuração à rotação descrita é semelhante à que se utiliza em sondagens geotécnicas com o mesmo tipo de amostrador de parede dupla, embora permita maiores rendimentos, uma vez que não se torna necessário retirar as varas de perfuração sempre que se pretende recolher o amostrador.

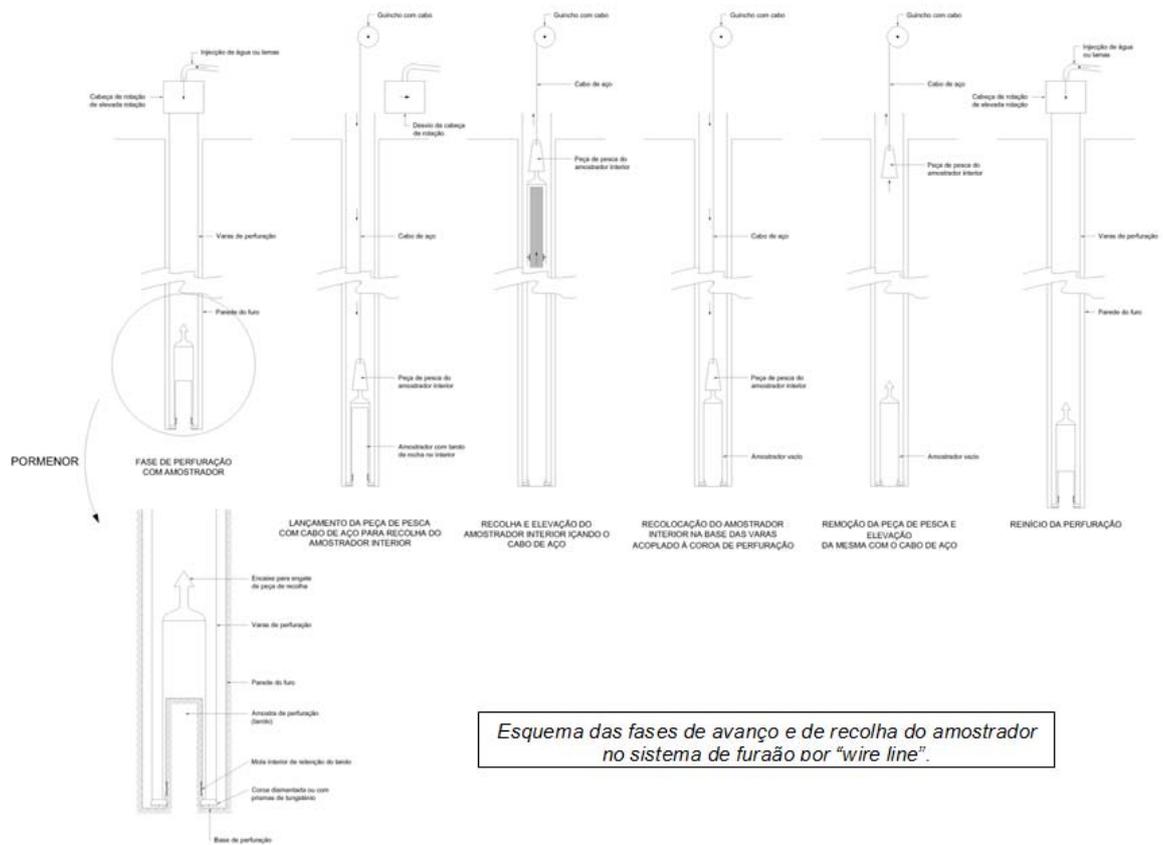
Este método de perfuração permite uma amostragem quase integral dos maciços rochosos tendo particular interesse no estudo litológico e estrutural das formações onde se insere o aquífero a captar. É contudo apenas aplicável a maciços rochosos medianamente alterados a sãos, apresentando diâmetros de furação reduzidos, possibilitando contudo a instalação de piezómetros após a conclusão da sondagem de prospecção. Em solos ou maciços rochosos muito alterados a decompostos a sua aplicação não é viável.



Conjunto do amostrador e ferramenta de corte do sistema de perfuração não destrutiva.



Pormenores do sistema de conexão para pesca do amostrador



Esquema das fases de avanço e de recolha do amostrador no sistema de furação por "wire line".

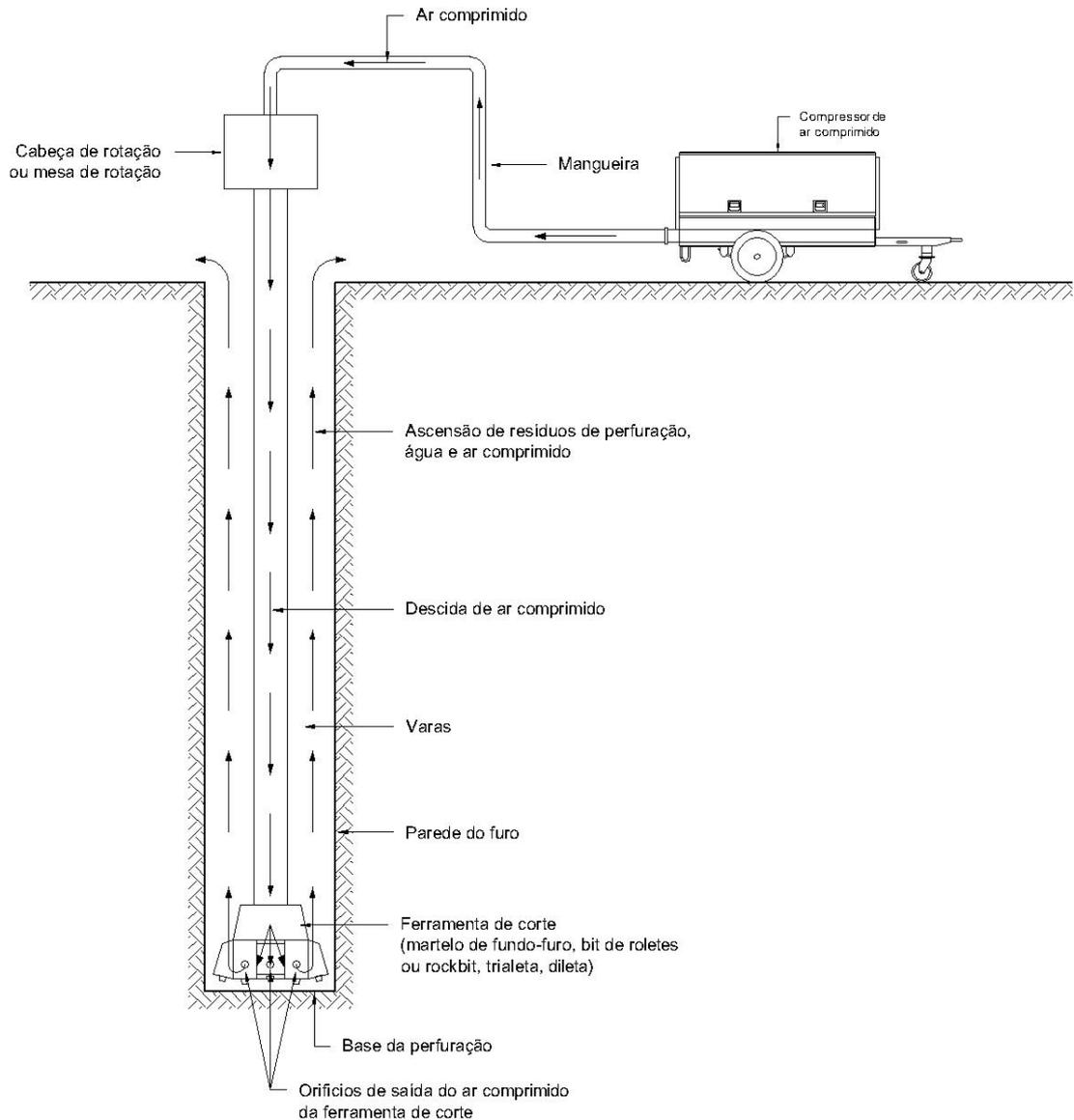
Na presente alínea descrevem-se os dois tipos de circulação, directa e inversa, relacionados com a injeção e a ascensão dos fluidos de circulação.

7.2.5 – Sistemas de circulação dos fluidos

7.2.5.1 - Sistema de circulação directa

7.2.5.1.1 - Método de Rotopercussão com circulação directa

No caso da circulação directa, o fluido de circulação é injectado em profundidade pelo interior do trem de varas, sai pela ferramenta de corte através de orifícios próprios existentes naquela peça, e regressa à superfície através do espaço anelar entre a parede do furo e as varas ou, nalguns casos através de encamisamento próprio contínuo, entre as paredes do furo e as varas, que acompanha o avanço da furação. O fluido de circulação pode ser ar comprimido, água ou lamas de estabilização, dependendo do tipo de ferramentas de corte em utilização.



ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DIRECTA COM AR COMPRIMIDO (SEM REPRESENTAÇÃO DA SONDA DE PERFURAÇÃO)

A circulação directa é utilizada tanto no método de perfuração com rotopercussão como no método de furação à rotação simples ou múltipla, independentemente das ferramentas de corte utilizadas.

O método de perfuração com o martelo de fundo-furo consiste em injectar ar, ou ar com espuma, sob pressão, pelo interior das varas, o qual força uma mola situada do corpo do martelo pressionando para a frente a peça cilíndrica frontal. O ar sai entre as duas peças e é canalizado para a parte da frente da peça frontal do martelo, permitindo a libertação do ar para fora do martelo. Após a saída do ar a mola encolhe. Quando a pressão volta a ser suficiente a mola expande-se novamente e o ar volta a sair. A compressão e distensão cíclica da peça frontal do martelo por efeito da compressão e libertação do ar comprimido origina o movimento de vai-vem

de percussão. O ar comprimido libertado junto à cabeça do martelo de fundo-furo, na base da perfuração, onde se acumula, tende a misturar-se com os resíduos de furação e a ascender por efeito do ar comprimido que continua a ser injectado pela cabeça do martelo, arrastando os referidos fragmentos dos materiais perfurados até à superfície.

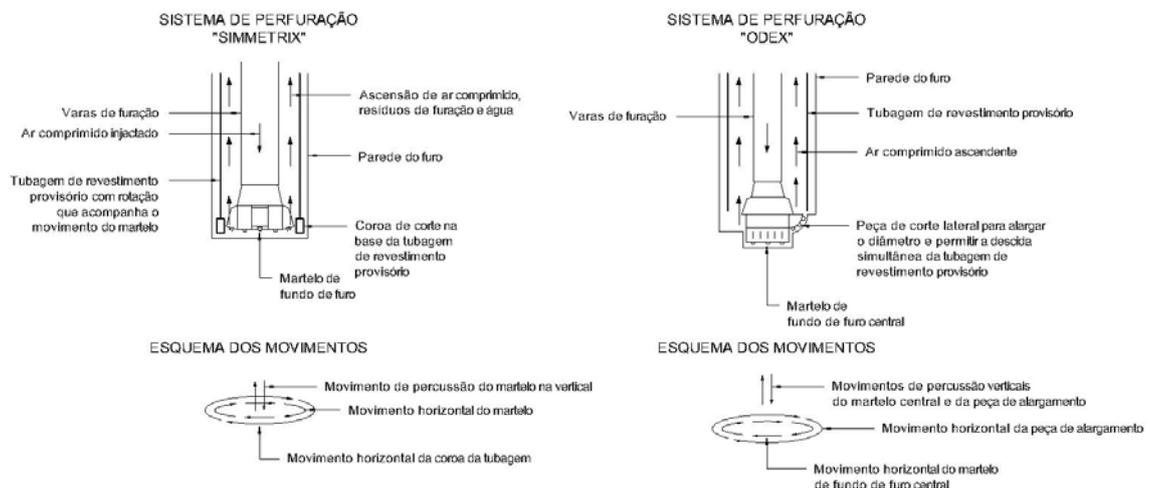
De salientar que o diâmetro do martelo de fundo de furo é superior ao diâmetro das varas pelo que ao longo da execução do furo fica um espaço anelar remanescente entre as varas e a parede do furo, através do qual ascende o ar misturado com os detritos de furação e a água subterrânea, que saem à superfície.

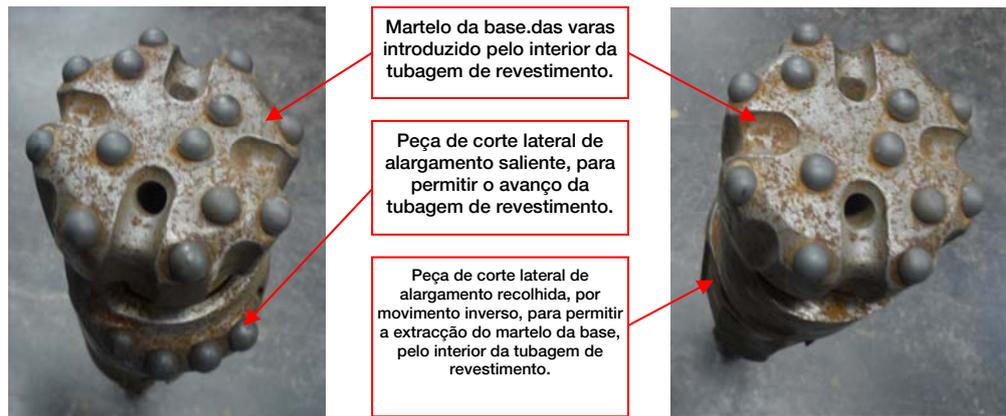
O método de rotopercussão com circulação directa é um dos processos mais populares de perfuração, mas só é aplicável em materiais rochosos medianamente alterados a sãos e pouco fracturados. Em materiais soltos, como areias, seixos, materiais brandos pouco coesos ou materiais rochosos duros mas muito fracturados é desaconselhada a utilização deste método pois, neste caso, as paredes do furo tendem a abater quando se parar a injeção de ar comprimido, bloqueando o martelo na base do furo e as varas, com eventuais riscos de perda das ferramentas de furação. Mesmo que as paredes do furo se mantenham estáveis após se retirar a ferramenta o risco de colapso iminente é muito elevado conduzindo, em muitos casos, à perda da perfuração já realizada.

Existem, no entanto, alguns sistemas de perfuração à rotopercussão, em que é possível a aplicação de circulação directa com um encamisamento contínuo em simultâneo, recuperável ou não, de modo a permitir a perfuração e o avanço em sectores instáveis.

Um destes métodos de perfuração com rotopercussão, com circulação directa e com encamisamento simultâneo, tem a designação comercial de Simmetrix, consiste num sistema constituído por um martelo de fundo-furo que se encontra incorporado numa tubagem de revestimento cuja base é constituída por um anel em aço encastrado com prismas de tungsténio tal como o martelo de fundo-furo. O martelo é acoplado à peça frontal da base da tubagem de revestimento, de modo a que as duas peças, o martelo e a coroa na base da tubagem, se mantenham solidárias, movimentando-se em conjunto.

Durante a perfuração ambas as peças rodam e percutem o material, permitindo o avanço simultâneo do martelo e da tubagem de revestimento. No final da perfuração o martelo pode ser desacoplado da coroa da base da tubagem por meio de um movimento esquerdo e de elevação. A tubagem de revestimento é deixada no furo ou não. No caso de materiais detriticos soltos torna-se obrigatória a permanência deste revestimento no interior do furo como tubagem perdida. Este método permite diâmetros de perfuração entre 76 mm e 1220 mm.

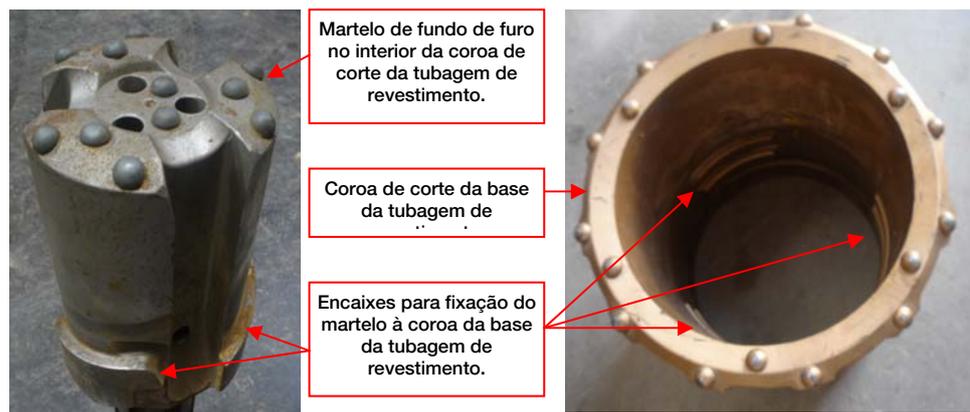




Sistema de rotopercussão com entubamento simultâneo - Ferramentas de corte do método Odex



Sistema de rotopercussão com entubamento simultâneo - Ferramentas de corte do método Elemex RotoOdex



Sistema de rotopercussão com entubamento simultâneo - Ferramentas de corte do método Simmetrix

Exemplos de ferramentas de corte de alguns sistemas de perfuração, por rotopercussão, com circulação directa, e com entubamento simultâneo.

Um outro método bastante semelhante, também com encamisamento simultâneo, mas com menores necessidades de fluxo de ar tem a designação de Elemex. Neste método o martelo de perfuração não se encontra solidário com a base da tubagem, podendo-se para a perfuração com tubagem de revestimento e prosseguir a perfuração apenas com o martelo, sistema que na terminologia anglo-saxónica se designa por “drive through”. Esta metodologia é particularmente interessante para prosseguir a perfuração numa zona estável do furo após se ter ultrapassado uma zona instável com a perfuração com o encamisamento simultâneo.

Um outro método de rotopercussão com circulação directa e revestimento simultâneo, designado Odex, baseia-se na aplicação de um martelo com a parte frontal da cabeça excêntrica. O martelo é descido e posicionado imediatamente abaixo da tubagem de revestimento. Ao ser accionado o martelo, a cabeça do mesmo desenvolve um movimento excêntrico que abrange um diâmetro superior à largura do martelo, permitindo a penetração da tubagem de revestimento em simultâneo. O ar injectado pelo interior das varas ascende à superfície entre a tubagem de revestimento e as varas. No final o martelo, por meio de um movimento esquerdo recolhe e fica centralizado com o resto do corpo do mesmo, permitindo a sua recolha pelo interior das varas. Nalguns casos é possível a remoção da tubagem de revestimento, noutros a tubagem fica no interior do furo como tubagem de sustentação perdida.

Estes processos de perfuração com rotopercussão com circulação directa e com revestimento simultâneo apresentam vantagens quando se pretende o avanço em zonas potencialmente instáveis com risco de colapso das paredes do furo. Nestes casos a tubagem deverá ser perdida, eventualmente isolada com um selante contra o terreno. Pelo interior destas tubagens de revestimentos a perfuração poderá prosseguir com outros diâmetros, quer com o mesmo método de perfuração quer com perfuração à rotação ou rotary.

Os consumos de ar comprimido nestes sistemas são em geral inferiores ao sistema de rotopercussão tradicional sem qualquer encamisamento, pois não ocorrem perdas do fluído de circulação para o terreno.

No entanto tratam-se de um método que requer equipamentos específicos e potentes, assim como gastos em tubagem de revestimento significativos, podendo revelar-se bastante dispendiosos.

Alguns apresentam algumas limitações em termos de diâmetros, não sendo muito populares no nosso país, embora algumas empresas possuam estes equipamentos, que também podem ser utilizados em geotécnia ou prospecção mineira.

Em materiais argilosos, ou muito brandos, a aplicação do método de rotopercussão, com circulação directa, com ou sem entubamento contínuo, também não é recomendável, devido à falta de rigidez do material para ser fragmentado, originando-se uma pasta na zona da ferramenta de corte que dificulta, ou pode mesmo impedir, a progressão em profundidade.



Tamponamento recomendável dos topos das varas para preservação das roscas.

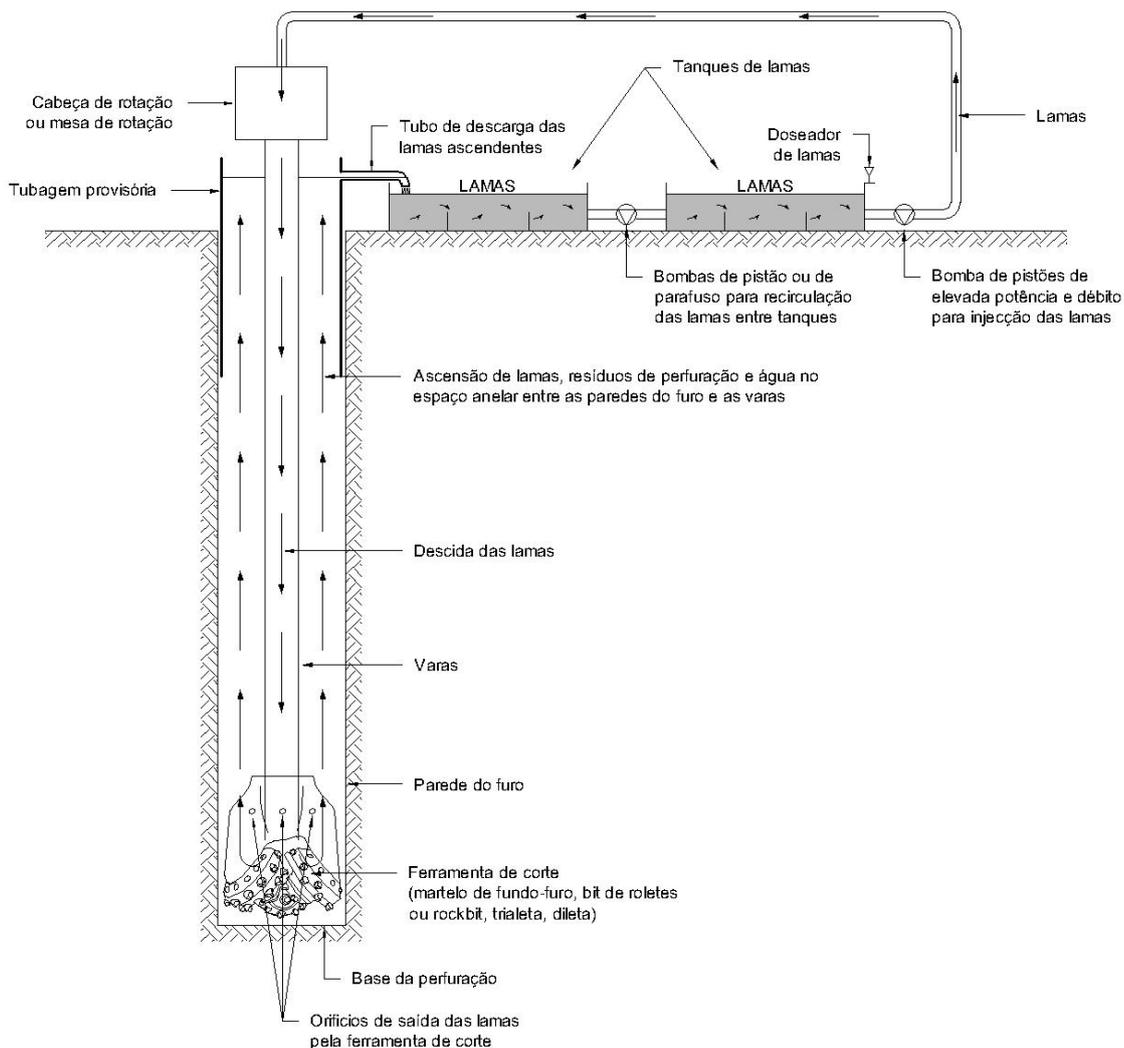


Varas do sistema de circulação directa.

7.2.5.1.2 - Método de Rotação, ou Rotary, com circulação directa

A circulação directa também é aplicável no método de perfuração à rotação, ou rotary, simples ou com tricône, em que o fluido de circulação pode ser ar, água ou lamas de estabilização. O fluido de circulação é igualmente injectado pelo interior das varas, atingindo a ferramenta de corte, por onde sai através de um conjunto de orifícios próprios, arrastando consigo os resíduos de furação até à boca do furo no espaço anular entre as varas e a parede do furo.

Quando o fluido de circulação é apenas ar, o ruído associado a este sistema é muito elevado podendo ter condicionamentos na sua aplicação quando aplicado em zonas habitacionais.



ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DIRECTA COM LAMAS DE ESTABILIZAÇÃO (SEM REPRESENTAÇÃO DA SONDA DE PERFURAÇÃO)

7.2.5.2 – Circulação inversa

7.2.5.2.1 – Método de Rotação, ou Rotary, com circulação inversa

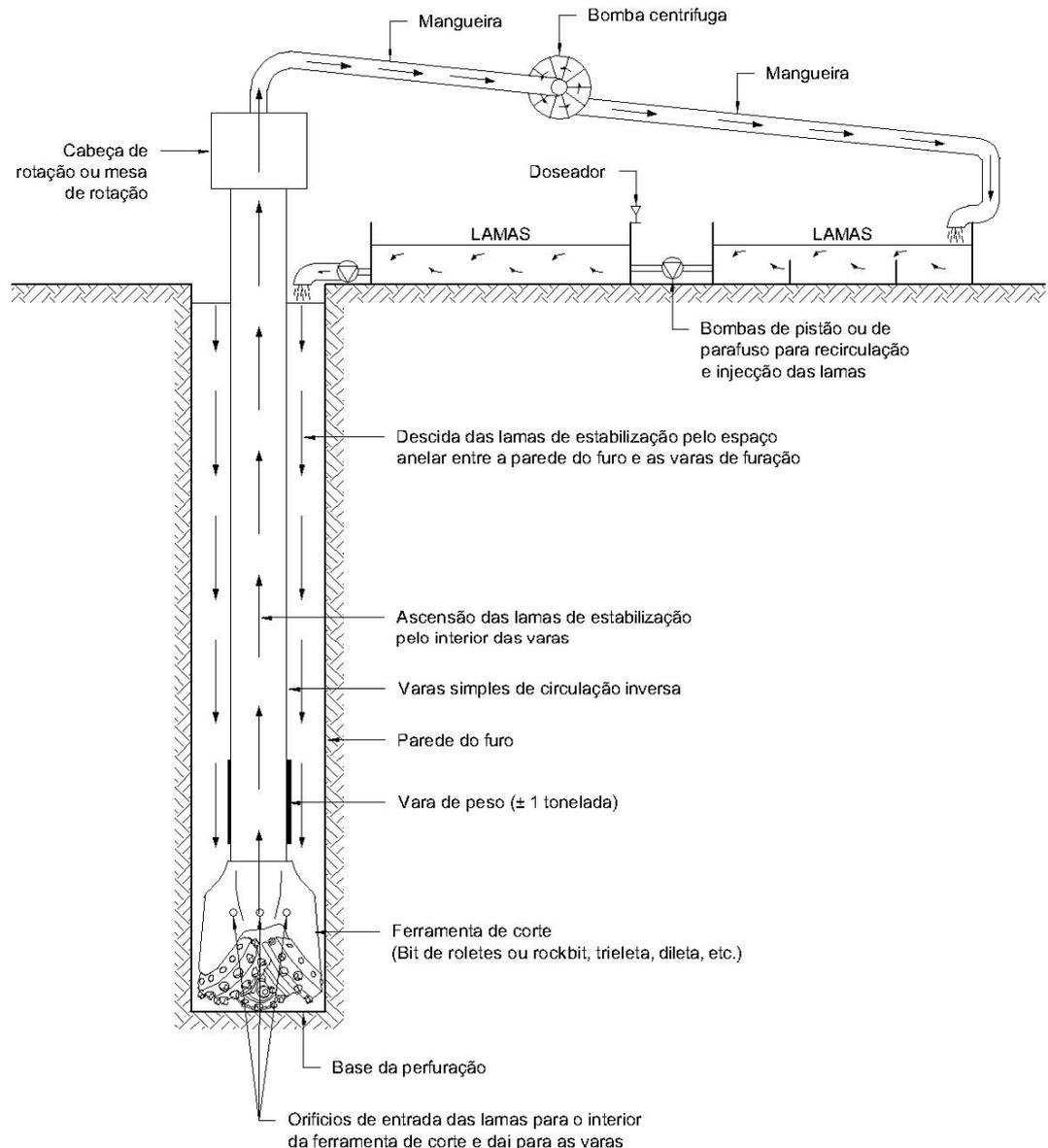
Este processo de circulação é particularmente utilizado no método de rotação, ou rotary. Consiste precisamente no trajecto inverso ao descrito para a circulação directa. O fluido de circulação é injectado na cabeça do furo, através do espaço anelar entre as paredes do furo e as varas que ligam a ferramenta de corte e a cabeça de rotação, na sonda, progredindo para a base do furo, por gravidade. Ao atingir a base do furo, o fluido é aspirado na base da ferramenta de corte, e ascende à superfície pelo interior das varas arrastando os resíduos de furação gerados na base do furo. Neste método de perfuração, como não existe qualquer revestimento simultâneo das paredes do furo, o fluido de circulação nestes casos é, em geral, composto por lammas de estabilização, ou a mistura de água com os resíduos de furação desde que apresentem densidade suficiente para garantir a sustentação das paredes do furo.

No caso da perfuração à rotação com este circuito de circulação é necessário o recurso à utilização de ferramentas de corte mais largas e com aberturas na base das ferramentas de corte também mais largas do que as que ocorrem na circulação directa, sendo aplicado preferencialmente, na realização de perfurações de maiores diâmetros, em geral superiores a 200 mm.

Existem várias metodologias para garantir o afluxo do fluido de circulação, pelo interior das varas até à superfície. Uma das metodologias consiste na aspiração do fluido de circulação através da utilização de bombas centrífugas instaladas na sonda de perfuração. Neste caso são aplicadas varas largas simples.



Vara de circulação inversa simples utilizada com bomba centrífuga.



ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO INVERSA
COM LAMAS DE ESTABILIZAÇÃO E BOMBA CENTRÍFUGA
(SEM REPRESENTAÇÃO DA SONDA DE PERFURAÇÃO)

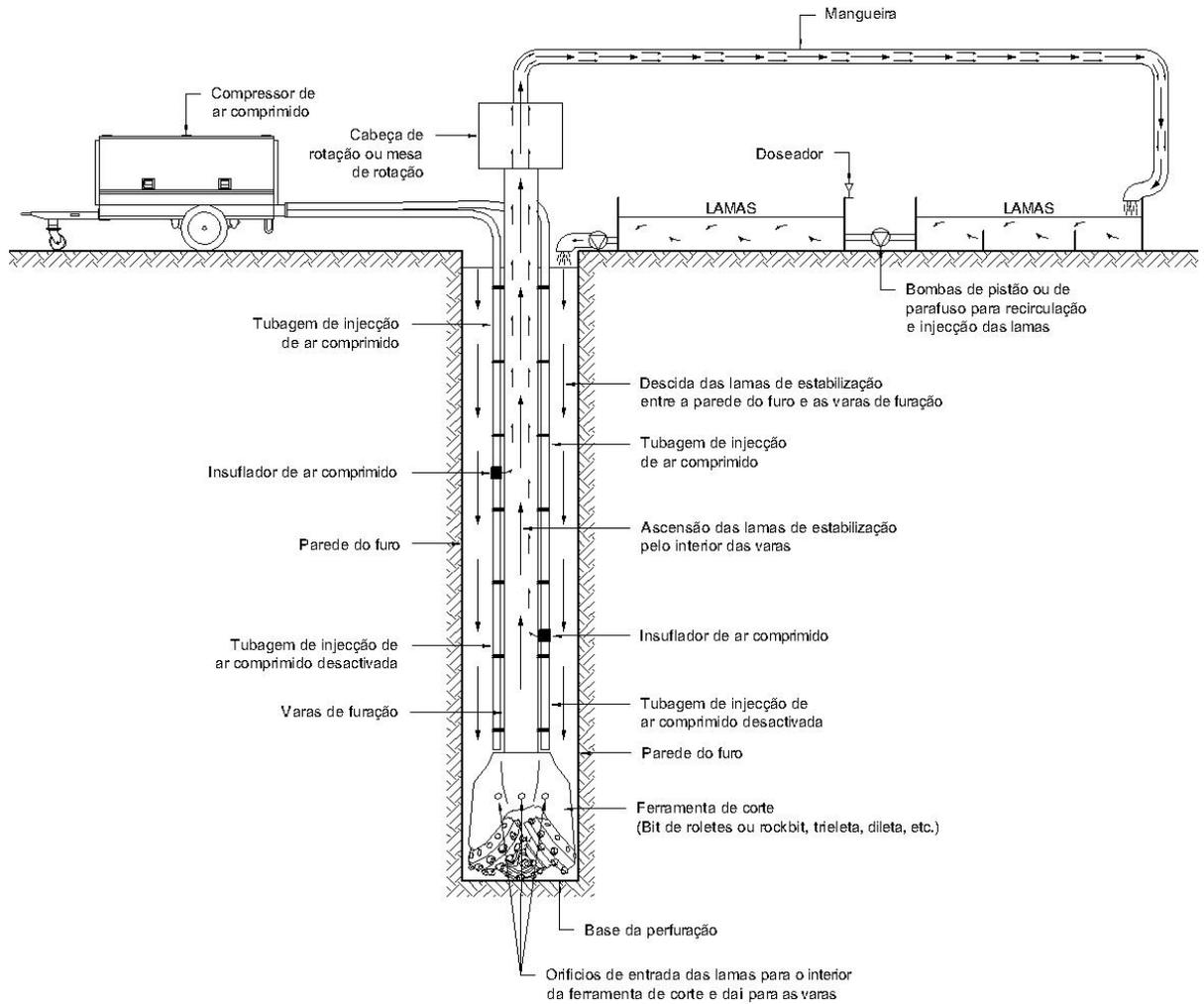
Existem também métodos baseados na injeção de ar comprimido ao longo de diferentes profundidades ou níveis das varas de perfuração. O ar comprimido é injectado através de uma tubagem específica lateral à tubagem principal ou, no caso de varas com parede dupla, através da parte exterior da tubagem, tal como se ilustra nas fotografias apresentadas mais adiante. Em qualquer dos casos o ar comprimido injectado naqueles sectores laterais é introduzido no interior das tubagens, a diferentes profundidades, provocando a ascensão do ar comprimido para a superfície e, por arrastamento, as lamas que se encontram no interior das varas e que, por sua vez, induzem também a ascensão dos resíduos de furação.



Varas de circulação inversa com tubagem exterior para injeção do ar comprimido.



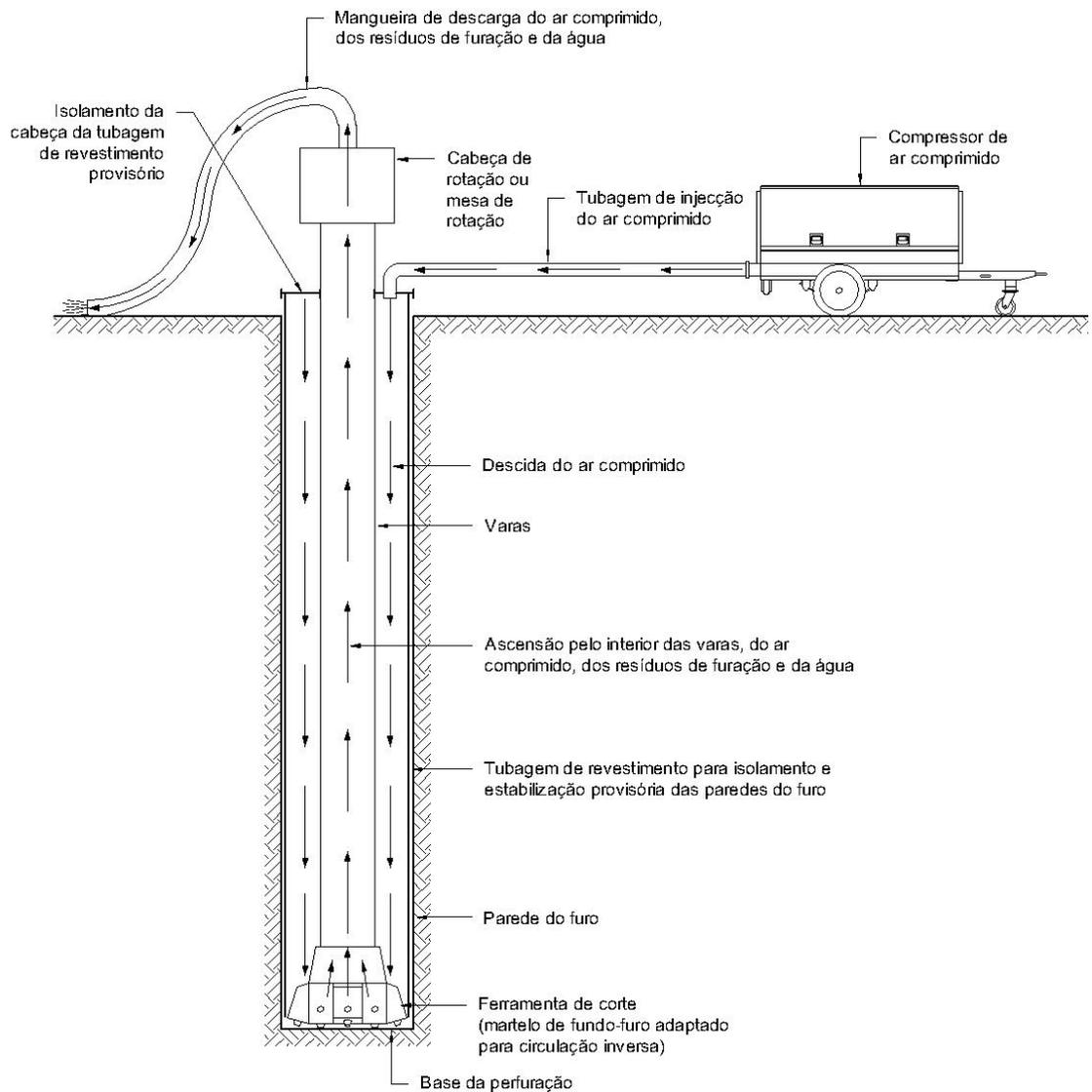
Varas de circulação inversa com parede dupla para inieção do ar comprimido.



ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO INVERSA COM LAMAS DE ESTABILIZAÇÃO E AR COMPRIMIDO (SEM REPRESENTAÇÃO DA SONDA DE PERFURAÇÃO)

7.2.5.2.2 – Método de Rotopercussão com circulação inversa

Existe uma opção da perfuração pelo método de rotopercussão, com circulação inversa, mas com entubamento contínuo. Neste caso o ar comprimido é injectado entre as paredes da tubagem de revestimento e o trem de varas, descendo até ao martelo de fundo-furo, onde entra para o interior do mesmo, fazendo accionar a mola interior que permite a percussão, ascendendo à superfície pelo interior das varas e arrastando consigo os resíduos de furação gerados no fundo do furo, e eventualmente a água. A cabeça do furo tem que estar isolada de modo a evitar perdas de ar para superfície aquando da sua injeção no furo. Tratando-se de um sistema entubado, permite uma redução significativa dos consumos de ar comprimido, comparativamente com o sistema de rotopercussão convencional com circulação directa e sem encamisamento.



ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO INVERSA COM AR COMPRIMIDO
(SEM REPRESENTAÇÃO DA Sonda DE PERFURAÇÃO)

Este método de perfuração pelo método de rotopercussão, com recurso a circulação inversa, mas com entubamento contínuo, é particularmente eficiente em formações calcárias carsificadas, isto é, com grande quantidade de cavidades mais ou menos desenvolvidas, como buracos, cavidades ou mesmo grutas, permitindo avanços significativos sem necessidade de cimentações ou betonagens intercalares, ou perda total do fluído de circulação.

7.2.6 – Fluídos de circulação

7.2.6.1 – Tipos de fluídos

A utilização de fluídos de circulação tem por principal objectivo promover a remoção e limpeza dos resíduos de furação da base do furo junto à ferramenta de corte, contribuir para o arrefecimento e lubrificação da ferramenta de corte, incrementar o transporte dos resíduos até à superfície e, nalguns casos, contribuir para a estabilização das paredes do furo, sem no entanto colmatar significativamente os níveis aquíferos.

Tal como se referiu anteriormente os fluidos de circulação mais utilizados são, em geral:

- o ar;
- a água;
- aditivos adicionados ao ar ou a água.

Quando são adicionados aditivos ao ar comprimido são designados espumas. Quando os aditivos de estabilização são adicionados à água tomam a designação de lamas de estabilização.

De salientar que, qualquer fluído de circulação deve ascender, no final, à superfície, independente do circuito de circulação, directa ou inversa, que é aplicado. Caso se verifique a perda total do fluído de circulação haverá que progredir com grande precaução e ponderar sobre a necessidade de, eventualmente, colmatar o sector, onde se verifiquem as perdas do fluído de circulação, com calda de cimento, ou mesmo betão. O entubamento destes sectores poderá também ser uma opção, dependendo da sua profundidade. A decisão sobre a cimentação ou entubamento destes sectores dependerá do facto dos mesmos corresponderem, ou não, a níveis aquíferos a explorar ou a isolar.

7.2.6.2 – Ar

O ar comprimido como fluído de circulação pode ser aplicado nos métodos de perfuração à rotopercussão, à rotação, ou rotary, com circulação directa, embora esteja limitado a formações estáveis, autoportantes, sem riscos de abatimentos significativos das paredes do furo. Uma das principais vantagens da utilização do ar como fluído de circulação é o facto de que no final não serem, por regra, necessários grandes trabalhos de limpeza dos ralos e de desenvolvimento do maciço drenante e das formações adjacentes.

A aplicação de ar como fluído de circulação tem, como principal limitação o facto de apenas contribuir para a ascensão dos resíduos de furação, não desempenhando qualquer função significativa para a estabilização das paredes do furo, razão pela qual a sua utilização é limitada a formações competentes, autoportantes, e estáveis, ou então carece de tubagem de encamisamento contínuo durante o avanço.

Nalguns casos, em que a instabilização é pequena, ou se observe alguma perda do fluído de circulação, devido a alguns sectores pontualmente fracturados ou alterados, recorre-se à injeção de aditivos no ar comprimido, dando origem a uma espuma que contribui para alguma estabilização das paredes do furo e, ao mesmo tempo, auxilia a ascensão dos resíduos de

furação até à superfície. No entanto, o aumento de densidade do fluido de limpeza e transporte leva a garantir o recurso a maiores pressões do fluido na base do furo e conseqüentemente à aplicação de maiores pressões de injeção e o recurso a compressores mais robustos.



Aplicação de espumas com ar comprimido

Quando a instabilização das paredes do furo ou as perdas de fluido são elevadas a aplicação de ar comprimido como fluido de circulação fica limitada ao método de rotopercussão com circulação inversa, descrito anteriormente.

Um outro condicionamento da aplicação de ar como fluido de circulação é a profundidade que se pode atingir e a sua capacidade para elevar os resíduos de perfuração. Para se conseguir prosseguir com qualquer perfuração com este tipo de fluido é necessário garantir a contínua remoção dos resíduos de furação da base do furo até à superfície, caso contrário a ferramenta de corte e/ou as varas ficarão imobilizados, ou mesmo bloqueados. Como o arrastamento dos resíduos de furação até à superfície é garantido pelo ar injectado, a capacidade de elevação dos resíduos até à superfície é condicionada pela profundidade atingida, pelo diâmetro do furo, pela dimensão do espaço anelar entre as varas e a parede do furo, pelas fugas de ar para o terreno, e pela potência do compressor. A limitação reside na potência máxima da pressão dos compressores. De facto, para elevar uma coluna de água com 500 m de altura com ar comprimido, num furo, torna-se necessário aplicar uma pressão na base da coluna ligeiramente superior a 50 kg/cm², considerando uma água pouco mineralizada e a ausência de quaisquer fugas de ar para o terreno. Aquele valor de pressão de injeção de ar comprimido ronda a potência máxima dos compressores disponíveis no mercado. Além disso, haverá que considerar que, num furo em execução, além ao peso da própria água a elevar acresce o peso dos resíduos de furação. Por outro lado, a pressão de ar na base do furo deverá garantir uma velocidade ascensional do ar, da água e dos resíduos da ordem de 15 m/s a 20 m/s, podendo atingir velocidades limite de cerca de 25 m/s. Assim, pelo exposto, verifica-se que a aplicação de ar comprimido como fluido de perfuração é limitada em termos de profundidades a atingir, pela potência máxima dos compressores disponíveis. Apesar de ser possível com este método atingir algumas centenas de metros de profundidade, recorrendo a equipamentos de furação potentes e a compressores de grande capacidade, a profundidade será sempre limitada pela potência dos compressores, mesmo para os diâmetros mais reduzidos de perfuração.

7.2.6.3 – Água

A aplicação de água simples como fluido de circulação é limitada aos métodos de perfuração à rotação, ou rotary, com circulação directa, na perfuração de formações estáveis em que o risco de colapso das paredes do furo seja reduzido.

Tal como para o ar comprimido, a utilização de água simples, sem aditivos, em não implica grandes trabalhos de limpeza dos ralos e de desenvolvimento do maciço drenante e das formações adjacentes.

São frequentes os casos em que a mistura da água injectada, ou da própria água subterrânea, com os resíduos de furação, em especial em formações argilo-siltosas, origina um fluido mais denso, correspondendo a uma lama de estabilização natural, formada naturalmente sem a necessidade de recursos a quaisquer aditivos. Apesar de se tratar de uma lama de estabilização natural haverá que controlar as suas características, tal como se descreve mais adiante para as lamas de estabilização obtidas com a adição de aditivos argilosos à água.

7.2.6.4 – Lamas de estabilização

As lamas de estabilização podem ser utilizadas nos métodos de perfuração à rotação, ou rotary, simples ou múltipla com tricône. A sua utilização torna-se necessária quando se perfuram formações incoerentes, ou maciços muito fracturados ou decompostos, em que se torna necessário garantir a sustentação das paredes do furo no decurso do avanço, e mesmo durante as paragens necessárias quer às manobras quer relacionadas com a fase de construção subsequente, o que não se consegue com a aplicação de ar e/ou água como fluido de circulação.

As lamas de estabilização são elaboradas através da mistura de argilas expansivas com água, e introduzidas no respectivo circuito de circulação, directo ou inverso, do sistema de perfuração, retornando aos tanques de lamas para reutilização no decurso da furação, após adequada regeneração. O tipo de argila expansiva mais utilizado na produção de lamas de estabilização é a bentonite em pó.

Além das argilas expansivas podem ser elaboradas lamas de estabilização à base de polímeros, naturais ou sintéticos, orgânicos ou inorgânicos. Não será recomendável a aplicação de polímeros orgânicos ou sintéticos nos furos de captação de água mineral, de nascente ou mesmo para consumo humano, devido à sua composição. A maior parte dos polímeros são biodegradáveis, isto é, ocorre uma desfloculação natural ao longo do tempo, razão pela qual as lamas produzidas à base de polímeros são conhecidas por lamas biodegradáveis. De facto, caso fiquem retidos no interior do maciço drenante tendem a desflocular naturalmente, permitindo por vezes um significativo aumento da eficiência da captação sem recurso a limpezas e desenvolvimentos adicionais. Nalguns casos poderá tornar-se necessária a aplicação de um ácido fraco para promover a sua desfloculação.



Argila expansiva em pó, bentonite, utilizada na elaboração de lamas de estabilização

As lamas de estabilização têm por objectivo criar uma pressão hidrostática no interior do furo que fique em equilíbrio com o estado de tensão, ou o impulso, das formações que constituem as paredes do furo, ou com a pressão hidrostática dos níveis aquíferos que forem sendo atravessados, impedindo neste caso o afluxo descontrolado da água dos mesmos.

A utilização de argilas expansivas na produção de lamas de estabilização, deve-se às suas propriedades tixótropicas quando misturadas com água nas proporções adequadas. A mistura da argila expansiva em pó com a água, origina um líquido viscoso do tipo gel, quando deixado em repouso.



Gel obtido através da mistura da argila expansiva com água.

A viscosidade inicial deste gel depende das proporções do doseamento da mistura aplicados para a produção da lama, bem como do tipo de adjuvantes que é possível adicionar, tal como adiante se descreve. No entanto, por agitação a viscosidade deste gel, ou líquido viscoso, altera-se tornando-se mais fluído. Assim as lamas de estabilização quando em repouso funcionam como um gel em suspensão no interior do furo que exerce uma pressão hidrostática, função da sua densidade, sobre as paredes do furo e os níveis aquíferos intersectados. Quando em circulação, seja inversa ou directa, as lamas de estabilização comportam-se como um fluído denso que permite o equilíbrio das pressões hidrostáticas com as formações das paredes do furo e com as pressões hidrostáticas dos níveis aquíferos. A sua fluidez, quando adequada, permite uma rápida circulação através do espaço anelar entre as paredes do furo e as varas, e no interior das varas, enquanto que a sua densidade permite o arrastamento dos resíduos de furação até à superfície.

Quando o processo de circulação das lamas é suspenso a fluidez diminui e as lamas retomam o comportamento de um gel. É esta propriedade que permite a manutenção da estabilidade do furo mesmo quando as lamas não se encontram em circulação, como por exemplo os períodos de manobras de mudanças de varas ou mesmo durante o processo construtivo da captação no final da furação.

A utilização de lamas de estabilização reveste-se de apreciável complexidade requerendo para o efeito um controlo mais apurado. O adequado controlo da densidade e viscosidade das lamas é fundamental para se obter bons resultados de perfuração e posterior desenvolvimento da captação.

Se a densidade das lamas for muito elevada relativamente ao estado de tensão das formações perfuradas e da pressão hidrostática dos aquíferos atingidos, haverá penetração excessiva das lamas no interior dos maciços e dos aquíferos, o que poderá ser contraproducente caso se tratem de níveis aquíferos que se pretendam explorar, uma vez que a penetração da calda no seu interior reduzirá e dificultará o afluxo de água ao furo, implicando posteriormente acréscimos significativos de custos decorrentes de prolongados trabalhos adicionais de limpeza e desenvolvimento da captação e do aquífero, de complexa e difícil execução, nem sempre concluídos com sucesso. Por outro lado a aplicação de lamas densas implica, além da sua penetração nos poros ou fracturas dos maciços, a sua deposição acentuada nas paredes do furo. Por efeito do atrito natural num fluxo tubular, a velocidade de circulação das lamas junto à parede do furo é menor o que provoca alguma deposição das lamas sobre a parede do furo. Quando depositadas sobre a parede do furo, estas lamas retomam as características de gel, por não estarem sujeitas a circulação e agitação significativa, formando um depósito, ou filme, gelatinoso sobre a parede do furo que, na terminologia anglosaxónica é designado por “mud cake” ou “filter cake”. Se as lamas forem muito densas a sua velocidade diminui aumentando também a espessura do filme gelatinoso o que diminui a sua eficiência em termos de transporte e mobilização dos resíduos de furação. Um acentuado aumento da espessura do filme gelatinoso depositado sobre as paredes do furo poderá conduzir a uma redução significativa da velocidade das lamas e ao colapso do próprio filme argiloso, em geral mais denso que o fluído em circulação, podendo comprometer a circulação das lamas. O colapso do filme gelatinoso espesso poderá ser acompanhado pelo colapso das paredes do furo devido à alteração da pressão hidrostática em consequência da alteração das condições locais.

A criação de um espesso filme gelatinoso sobre as paredes do furo também prejudicará a eficiência do maciço drenante, na fase de construção da captação, o qual ficará impregnado por um gel denso que, além de colmatar o próprio maciço drenante, constituirá no contacto com o aquífero a captar, um selante denso de difícil remoção na fase de limpeza e desenvolvimento.

Se, pelo contrário, as lamas de estabilização apresentarem uma densidade inferior à desejável, a tensão hidrostática poderá não ser suficiente para equilibrar a tensão hidrostática das paredes do furo, facultando o colapso das paredes do furo.

Por outro lado, se a velocidade de circulação das lamas for muito elevada não ocorrerá a formação do filme gelatinoso sobre a parede do furo, elemento que promove a estabilização destas desde que a sua espessura não seja elevada. A acentuada velocidade de circulação das lamas poderá promover também a erosão das paredes do furo, alterando a sua regularidade, contribuindo para uma eventual instabilização das mesmas.

Pelo exposto poderá afirmar-se que a aplicação de lamas visa a criação de um equilíbrio de pressões entre o fluído no interior do furo e as formações e aquíferos que o envolvem. Este equilíbrio deve ser complementado com a criação de um fino filme gelatinoso sobre as paredes do furo e com uma velocidade de circulação das lamas adequada, de forma a impedir o excesso de deposição de filme gelatinoso sobre as paredes do furo, ou a erosão das mesmas.

O controlo das lamas é baseado fundamentalmente nos seguintes parâmetros:

- peso específico ou densidade;
- viscosidade ou fluidez;
- teor em areia.

Para o efeito devem ser realizados testes específicos para controlar aqueles parâmetros durante o avanço da perfuração.

Os procedimentos para a realização dos testes de controlo daqueles parâmetros podem ser consultados nas normas internacionais ISO 10414 -1:2008 – Petroleum and natural gas industries – Field testing of drilling fluids – Part 1: Water-based fluids

O controlo da viscosidade é realizado com recurso ao cone de marsh através de um ensaio de fluidez. O teste baseia-se na velocidade de escoamento de um determinado volume de lamas no referido cone de Marsh. Este ensaio deverá ser realizado com um equipamento apropriado destinado especificamente para este tipo de ensaio tal como o preceituado na norma acima indicada.



A viscosidade das lamas deverá ser a menor possível, e apenas a suficiente para permitir uma adequada limpeza dos resíduos de furação e manter as paredes do furo estáveis, com a formação de um fino filme gelatinoso nas suas superfícies.

A viscosidade das lamas de estabilização deverá situar-se entre os 34 a 40 s/dm³ no cone de de Marsh, para lamas normais e entre 50 a 80 s/dm³ no cone de de Marsh, para lamas densas. No caso de se verificarem grandes perdas de fluido de circulação a viscosidade das lamas poderá ser incrementada para valores da ordem de 85 a 120 s/dm³ no cone de de Marsh, neste caso correspondendo a lamas muito densas. Estes valores podem variar consoante se utilizem lamas à base de bentonite, o caso mais comum, ou lamas à base de polimeros naturais ou artificiais, também designadas por lamas biodegradáveis. A velocidade desejável de ascensão das lamas deverá ser da ordem de 0,2 a 0,7 m/s, dependendo da dimensão e da quantidade dos resíduos e da densidade e viscosidade das próprias lamas. Velocidades superiores são desaconselhadas tendo em conta que poderão promover a erosão excessiva das paredes do furo.

A determinação da densidade, ou peso específico, das lamas é realizado por pesagem das mesmas num recipiente com volumetria conhecida numa balança de lamas, especificamente destinada para este fim. Antes da utilização da balança deverá proceder-se a um teste de calibração com água e verificar se o resultado obtido é de 1,000 kg/m³. A densidade ou peso específico, que muitas vezes é incorrectamente designada por peso, deverá na maioria dos casos ser inferior a 1,080 kg/m³. O aumento da densidade das lamas poderá ser obtido através

da adição de maior quantidade de aditivo ou pela inclusão, em lamaz à base de bentonite, de um aditivo com elevado peso específico como a barite ou hematite. Este tipo de aditivos não é utilizável em lamaz à base de polímeros, sendo neste caso adicionado ao polímero uma solução saturada de cloreto de cálcio para incremento da densidade, chegando a atingir-se densidades de 1,380 kg/m³.

A redução da densidade das lamaz deverá ser obtida pela simples adição de água no circuito, não sendo recomendável a aplicação de dispersantes salvo em casos extremos. Os aditivos para redução da densidade são compostos por produtos orgânicos cuja utilização em furos de água mineral não será a mais adequada. Actualmente são comercializados no mercado inúmeros produtos para a produção de lamaz de estabilização, com os adjuvantes necessários para os mais diversos fins e para inúmeras situações específicas, quer relacionadas com perdas de fluido de circulação, tipos de águas, correcção do pH, aumento da pressão, aumento de densidade, redução de densidade, apenas para citar alguns. Deverá verificar-se junto do fabricante ou do fornecedor se estes produtos são adequados para captações de água para consumo humano, preferencialmente que cumpram a norma americana NSF/ANSI – Standards 60, Drinking Water Treatment Chemicals – Health Effects.

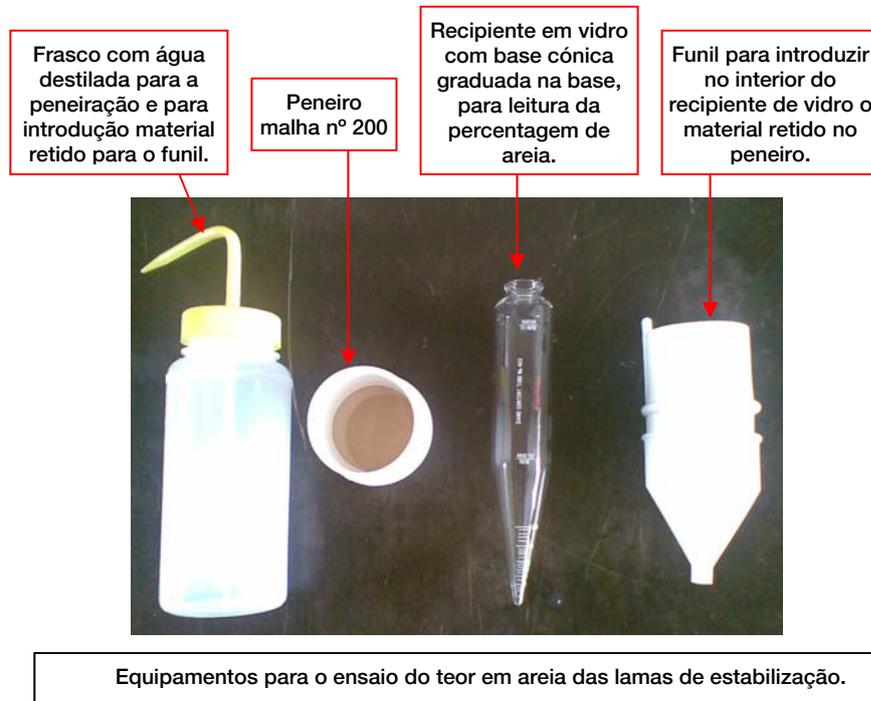


Balanca para determinação da densidade das lamaz de estabilização.

A aplicação de lamaz de estabilização mais viscosas ou densas só deverá ter lugar quando se verifique a instabilização das paredes do furo ou quando ocorram perdas significativas de fluido de circulação.

A determinação do teor em areia das lamaz consiste na peneiração, por via húmida (com água), de um determinado volume de lamaz através de um peneiro de malha nº 200. O material granular retido na malha após a peneiração da lama é introduzido num recipiente de vidro com uma base cónica graduada, onde se acumula a areia introduzida. A percentagem de areia é lida directamente na escala da base do cone, correspondente ao topo do espaço ocupado pela areia.

A percentagem de areia não deverá ultrapassar os 2% em volume. Percentagem de areia superiores poderão conduzir a um desgaste acentuado das bombas de aspiração ou de injeção, da ferramenta de corte, das tubagens e contribuir para o incremento da erosão das paredes do furo. Para manter o teor de areia dentro dos limites indicados torna-se necessário que o sistema de recirculação das lamias à superfície seja o adequado, como adiante se refere, caso contrário será praticamente impossível controlar e reduzir teores excessivos de areia nas lamias reintroduzidas na perfuração.



Pelo exposto verifica-se que o controlo das lamias de estabilização é essencial e que a viscosidade, densidade e percentagem de areia destas deverá sempre ser mantido na gama mínima necessária para uma adequada limpeza dos resíduos de perfuração e estabilidade das paredes do furo. No entanto, a eficiência da aplicação das lamias depende também do método de perfuração, do diâmetro de perfuração e do sistema de circulação, bem como do tipo de regeneração das lamias à superfície.

O comportamento de gel, que as lamias apresentam quando não estão em circulação, não se mantém de forma indefinida no tempo, em especial quando no interior do furo este gel está em contacto com níveis aquífero que podem alterar a sua densidade, e por encadeamento, modificar a sua pressão hidrostática, o que pode conduzir à instabilização da captação por abatimento das paredes do furo ou pelo afluxo descontrolado de água de determinados aquíferos. Atendendo à limitação temporal da eficiência das lamias na estabilização quando paradas no interior do furo, é recomendável a execução contínua do furo, em turnos de 24 horas, com sete dias de laboração semanal, quando se utilizam lamias de estabilização. Esta recomendação decorre do facto de serem frequentes colapsos das paredes dos furos após os períodos de paragem de fim de semana, ou mesmo durante a paragem de um dia para o outro.

A pressão hidrostática desenvolvida pelas lamias é também influenciada pelo diâmetro de perfuração. Assim, para as mesmas condições de perfuração, será mais fácil um equilíbrio das tensões entre as lamias de estabilização e as paredes do furo quando se trabalha com diâmetros mais largos do que com diâmetros mais estreitos. Para diâmetros mais estreitos torna-se necessário o recurso a lamias mais densas do que para o mesmo cenário de perfuração com diâmetros mais largos, pois a pressão da coluna de lamias do furo sobre as suas paredes é menor para diâmetros menores do que para diâmetros maiores. Por este motivo no sistema de

circulação inversa, em que se utilizam diâmetros de perfuração mais largos é possível o recurso a lamas de muito baixa densidade, o que permite menores trabalhos de limpeza e desenvolvimento no final e uma maior produtividade, ao contrário do que em geral acontece com a perfuração à rotação com circulação directa com diâmetros menores, em cenários idênticos.

Além disso a perfuração à rotação, ou rotary, com circulação inversa permite velocidades de trânsito e de fluxo do fluido mais elevadas, uma vez que o espaço anelar é mais elevado pois os diâmetros de perfuração são também em geral maiores, e pelo facto de que as lamas são aspiradas pelo interior das varas permitindo uma maior limpeza dos resíduos de furação, garantindo a remoção de fragmentos de maiores dimensões e uma maior limpeza do furo e das zonas produtivas. Este método de circulação permite avanços significativos mesmo em formações detríticas grosseiras.



Tanque de preparação, circulação e injeção de lamas



Tanques de recepção, separação e decantação de lamas



Bomba de circulação e de injeção das lamas



Cone para a adição e mistura das argilas em pó com a água.

Tanques de lamas, bombas de injeção e sistema de adicionamento das argilas em pó.

O sistema de preparação e circulação das lamas à superfície deverá ser constituído por um conjunto de tanques de lamas. Os tanques de lamas consistem em depósitos rectangulares específicos para o efeito, complementados por tubagens e bombas de circulação das lamas entre os diferentes tanques. A separação dos resíduos de furação mais grosseiros deve ocorrer antes das lamas atingirem o primeiro tanque, quer por efeito de grelhas de malhas de aço quer por efeito de plataformas vibratórias. Estes tanques apresentam, por vezes, vários compartimentos internos para facilitar a precipitação gradual dos resíduos de furação, podendo nalguns casos recorrer-se a aditivos para acelerar a sua precipitação. Num dos sectores destes tanques pode proceder-se à elaboração ou rectificação características, em termos de densidade ou viscosidade das lamas, mediante a introdução das argilas expansivas ou dos polímeros, em pó, no circuito de fornecimento de água ao tanque, através de um cone de alimentação. À medida que a água circula arrasta o pó introduzido no cone de alimentação misturando-se com este. Numa primeira fase do início dos trabalhos haverá que garantir a homogeneização das lamas através da sua circulação em sistema fechado. A lama isenta de resíduos de furação é reinjectada no circuito, após as necessárias correcções de densidade ou viscosidade comprovadas com os testes referenciados. Será conveniente na programação dos trabalhos determinar a volumetria que estes tanques deverão possuir tendo em consideração a volumetria final do furo. A volumetria destes tanques, por questões de eventuais perdas de fluido no decurso dos trabalhos, de necessidade de circuitos específicos de correcção e recirculação das lamas, deverá ser cerca de três a quatro vezes superior à volumetria final do furo.

Na realização de furos de captação de água mineral não devem ser permitidos sistemas de produção e re-circulação de lamas de estabilização baseados em escavações executadas no terreno. A preparação e armazenamento das lamas de circulação deste modo apenas contribui para a contaminação do furo e do próprio aquífero, situação a evitar pois implica, frequentemente, trabalhos suplementares de bombagens prolongadas e de desinfecções, morosas e dispendiosas, que podem e devem ser evitadas.

No final dos trabalhos as lamas de estabilização devem ser solidificadas para poderem ser levadas para um aterro sanitário. Existindo no mercado produtos comercializados que aceleram este processo de solidificação. Caso não sejam solidificadas as lamas de estabilização não poderão ser depositadas em aterro pelo que terão de ser transportadas em contentores apropriados para centros de valorização de resíduos, onde serão submetidas a tratamentos específicos para posterior deposição em aterro. Esta última opção revela-se mais complexa e dispendiosa.

A furação à rotação, ou rotary, com lamas de estabilização e outros aditivos, com circulação inversa, permite atingir, com os equipamentos adequados, profundidades e diâmetros muito superiores aos que se alcançam com o sistema de rotopercussão com ar comprimido.

Método de perfuração	Sistema de circulação	Ferramenta de corte	Fluído de circulação	Diâmetros	Desenvolvimento	Tipo de amostragem	Profundidade
Rotopercussão	Circulação directa	Martelo de fundo de furo simples	Ar comprimido	Menores	Mais fácil, mais rápido e mais económico.	Deficiente, com contaminação cruzada por arrastamento de material das paredes do furo. Pouco precisa.	Condicionada. Limitada pela potência do compressor e pela posição do nível da água no furo.
		Martelo de fundo de furo com entubamento simultâneo (Simmetrix, Odex, Centrix, Rotoodex, etc.)				Deficiente	
	Circulação inversa	Martelo de fundo de furo com entubamento simultâneo					
Rotação simples	Circulação directa	Dileta Trileta Tetraleta	Ar	Menores	Em geral fácil	Razoável, com contaminação cruzada por arrastamento de material das paredes do furo. Pouco precisa.	Condicionada pela resistência das litologias e pela potência do compressor e pela posição do nível da água no furo.
			Água		Depende do tipo de formações perfuradas (*)		Condicionada pela resistência das litologias e pela potência dos equipamentos de perfuração e de injeção de água ou ar.
			Água e ar		Tende na maioria dos casos a revelar-se difícil, por vezes muito difícil.		Condicionada pela resistência das litologias e pela potência dos equipamentos de furação e de injeção das lamas de estabilização.
	Circulação inversa		Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros) normalmente mais densas sendo necessário maior controlo.	Maiores	Relativamente rápido e fácil	Preferencialmente de boa qualidade e com melhor representatividade. Sem risco de contaminação na ascensão.	Condicionada pela resistência das litologias e pela potência dos equipamentos de furação e de elevação das lamas de estabilização.
Rotação múltipla	Circulação directa	Tricone ou bite de roletes	Ar	Menores	Em geral fácil	Razoável, com contaminação cruzada por arrastamento de material das paredes do furo. Pouco precisa.	Condicionada pela resistência das litologias e pela potência do compressor e pela posição do nível da água no furo.
			Água		Depende do tipo de formações perfuradas (*)		Condicionada pela resistência das litologias e pela potência dos equipamentos de perfuração e de injeção de água ou ar.
			Água e ar		Tende na maioria dos casos a revelar-se difícil, por vezes muito difícil.		Condicionada pela resistência das litologias e pela potência dos equipamentos de furação e de injeção das lamas de estabilização.
	Circulação inversa		Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros) normalmente mais densas sendo necessário maior controlo.	Maiores	Relativamente rápido e fácil	Preferencialmente de boa qualidade e com melhor representatividade. Sem risco de contaminação na ascensão.	Condicionada pela potência dos equipamentos de furação e de elevação das lamas de estabilização.
		Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros). Permite aplicação de lamas mais fluidas e menos densas					

(*) Fácil e rápido em formações rochosas não alteradas a sãs e moroso e difícil em materiais argilosos ou siltosos.

Síntese dos tipos de métodos de perfuração e respectivas aptidões.

Método de perfuração	Sistema de circulação	Ferramenta de corte	Fluido de circulação	Formações não consolidadas	Formações consolidadas				
					Muito alteradas a decompostas ou argilificadas	Medianamente alteradas a sãs			Carsificadas (cavidades)
						Brandas a muito brandas	Duras a muito duras e pouco fracturadas	Duras a muito duras e muito fracturadas	
Rotopercussão	Circulação directa	Martelo de fundo de furo simples	Ar comprimido	Não aplicável.	Inadequado. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Aplicável. Bons rendimentos.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade e de retorno do fluido de circulação.	Difícil a muito difícil. Problemas de retorno do fluido de circulação.
		Martelo de fundo de furo com entubamento simultâneo (Simmetrix, Odex, Centrix, Rotoodex, etc.)		Aplicável em formações não argilosas ou siltosas, com entubamento perdido.	Inadequado nas formações argilificadas. Problemas de estabilidade. Possibilidade de entubamento perdido.	Aplicável. Possibilidade e de entubamento perdido.	Aplicável.	Aplicável. Possibilidade e de entubamento perdido. Necessidade de cimentações e isolamentos.	Aplicável mas com elevados consumos de ar.
	Circulação inversa	Martelo de fundo de furo com entubamento simultâneo		Aplicável.	Aplicável.	Aplicável.	Aplicável. Bons rendimentos.		
Rotação simples	Circulação directa	Dileta Trileta Tetraleta	Ar	Não aplicável	Difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Não aplicável
			Água		Viável a difícil. Problemas de estabilidade.				
			Água e ar		Viável				
	Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros) normalmente mais densas sendo necessário maior controlo.		Viável	Viável	Viável	Não aplicável			
Circulação inversa	Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros). Permite aplicação de lamas mais fluidas e menos densas	Viável. Bons rendimentos.	Viável. Bons rendimentos.	Viável. Bons rendimentos.	Difícil a não aplicável. Problemas de retorno do fluido de circulação, com elevadas perdas. Necessidade de isolamentos durante o avanço.				
Rotação múltipla	Circulação directa	Tricone ou bite de roletes	Ar	Não aplicável	Difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade.	Viável a difícil. Problemas de estabilidade. Baixo rendimento.
			Água		Viável a difícil. Problemas de estabilidade.				
			Água e ar		Viável.				
	Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros) normalmente mais densas sendo necessário maior controlo.		Viável.	Viável.	Viável.	Viável. Baixo rendimento.			
Circulação inversa	Lamas de estabilização (bentonites ou polímeros). Permite aplicação de lamas mais fluidas e menos densas	Viável. Bons rendimentos	Viável. Bons rendimentos	Viável. Bons rendimentos	Viável a difícil. Problemas de estabilidade. Baixo rendimento.				

Síntese dos métodos de perfuração versus tipos de formações a perfurar.

7.2.7 – Controlo da verticalidade da perfuração

Diversos factores associados às características de um maciço rochoso a perfurar tendem a originar um desvio, por vezes muito significativo do furo em relação à vertical, assim como a alterar a sua linearidade.

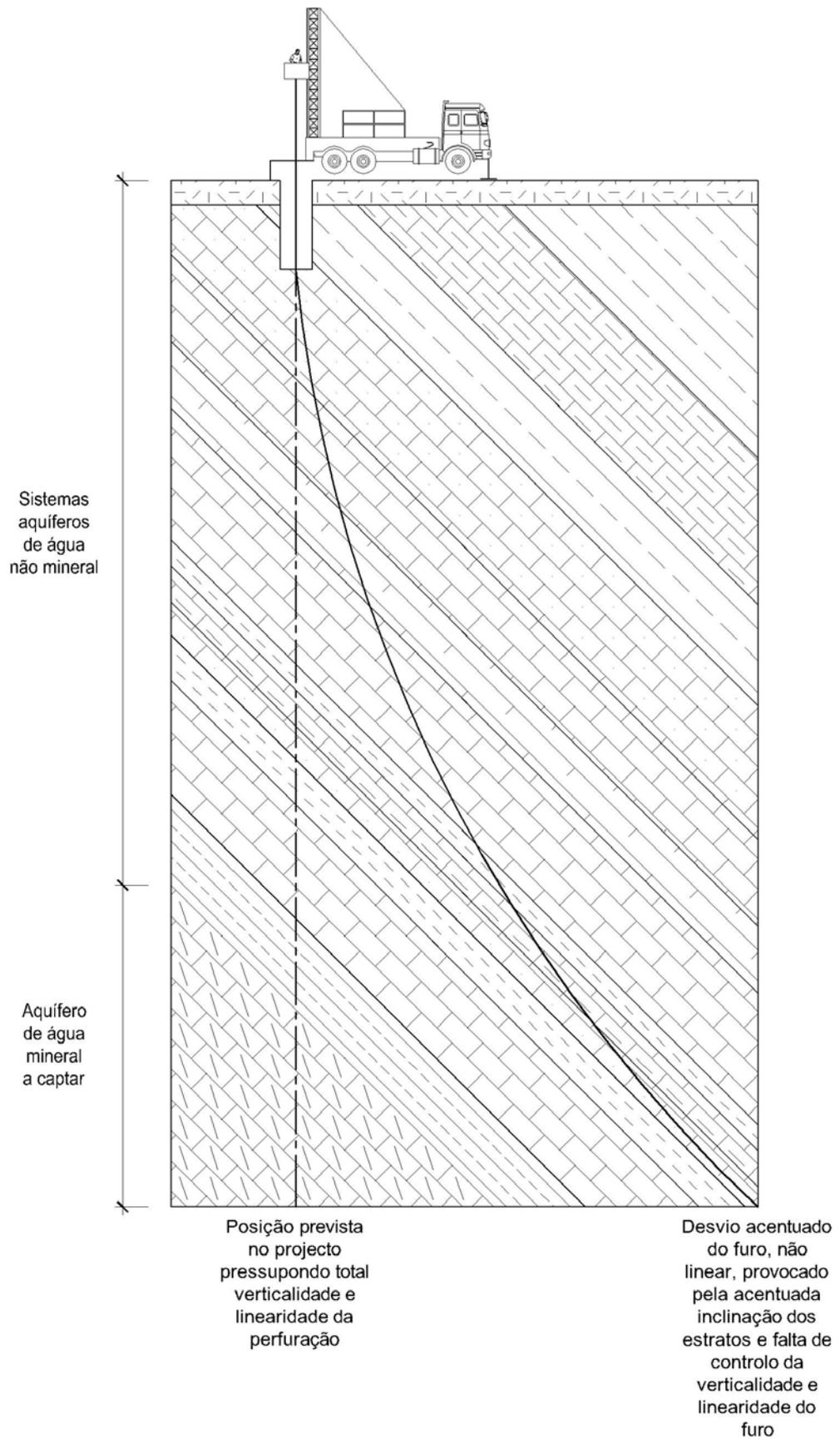
De entre os factores que mais frequentemente tendem a originar desvios da verticalidade do furo contam-se:

- superfícies de estratificação entre camadas com diferente dureza;
- sectores muito fracturados;
- xistosidade das formações;
- zonas de falha, muito tectonizadas;
- ocorrência de blocos não alterados, em maciços alterados a decompostos.

Apenas para se citarem alguns exemplos.

O desvio da verticalidade do furo poderá impedir alcançar o nível aquífero desejado ou implicar a execução de muitos mais metros de furação até se atingir o aquífero que se pretende captar.

PROBLEMAS NA VERTICALIDADE E NA LINEARIDADE DA PERFURAÇÃO



Considera-se prudente proceder a testes de verificação da verticalidade do furo com alguma periodicidade, de modo a garantir que a verticalidade e linearidade da captação no final dos trabalhos de furação.

Os testes de verificação da verticalidade são semelhantes a uma diagrafia consistindo na introdução de uma sonda no interior do furo a qual permite verificar em contínuo os graus de desvio da verticalidade e a direcção do desvio. Em geral os dados são apresentados sob a forma de um gráfico circular concêntrico com a indicação dos graus de desvio e a direcção do desvio. Alguns programas informáticos permitem a projecção dos dados recolhidos proporcionando uma visualização tridimensional da geometria da perfuração mais elucidativa sobre o tipo ou tipos de desvios, respectivas profundidades e alterações da linearidade do furo.

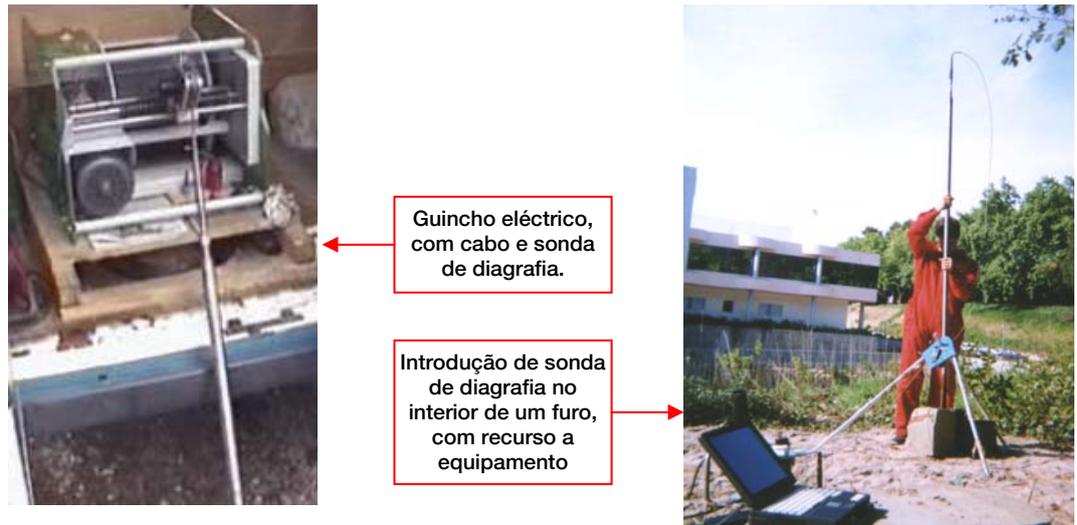
Caso se verifique um desvio significativo da verticalidade do furo, deverão ser implementadas pelo Empreiteiro as manobras necessárias para a sua correcção mediante a aplicação, na frente de perfuração, das ferramentas necessárias para a correcção da orientação da perfuração.

7.2.8 – Diagrafias

Uma diagrafia consiste na descida e/ou subida de uma sonda específica ao longo da zona perfurada, procedendo-se à aquisição, em contínuo, de um conjunto de determinados parâmetros da água subterrânea, das formações ou do próprio furo. Em geral, uma sonda consiste num tropedo de forma cilíndrica alongada, que permite o registo de um ou dois parâmetros em simultâneo. O registo é feito em tempo real sendo os valores projectados num gráfico dos valores registados versus profundidade, no monitor de um computador no local da obra, em tempo real, ou armazenados em formato digital. Os tipos de parâmetros que normalmente são registados em diagrafias de furos de captação de água mineral, são os seguintes:

- Potencial espontâneo
- Temperatura
- Condutividade do fluído
- Diâmetro da captação (Caliper)
- Resistividade eléctrica
- Radiação gama natural

Compete ao consultor projectista responsável pela concepção da captação a selecção do tipo de parâmetros que permitem determinar a profundidade e a extensão dos níveis produtivos do tipo de água mineral que se pretende vir a captar, de modo a posicionar os ralos e o maciço drenante nesses sectores e isolar os restantes sectores produtivos da captação que correspondam a outros tipo de água não mineral. Os dados das diagrafias devem ser analisados em conjunto com os dados obtidos do controlo hidrológico e com o diagrama do furo obtido com as amostras de perfuração recolhidas.



Guincho eléctrico, com cabo e sonda de diagrafia.

Introdução de sonda de diagrafia no interior de um furo, com recurso a equipamento

Equipamentos para a execução de diagrafias.

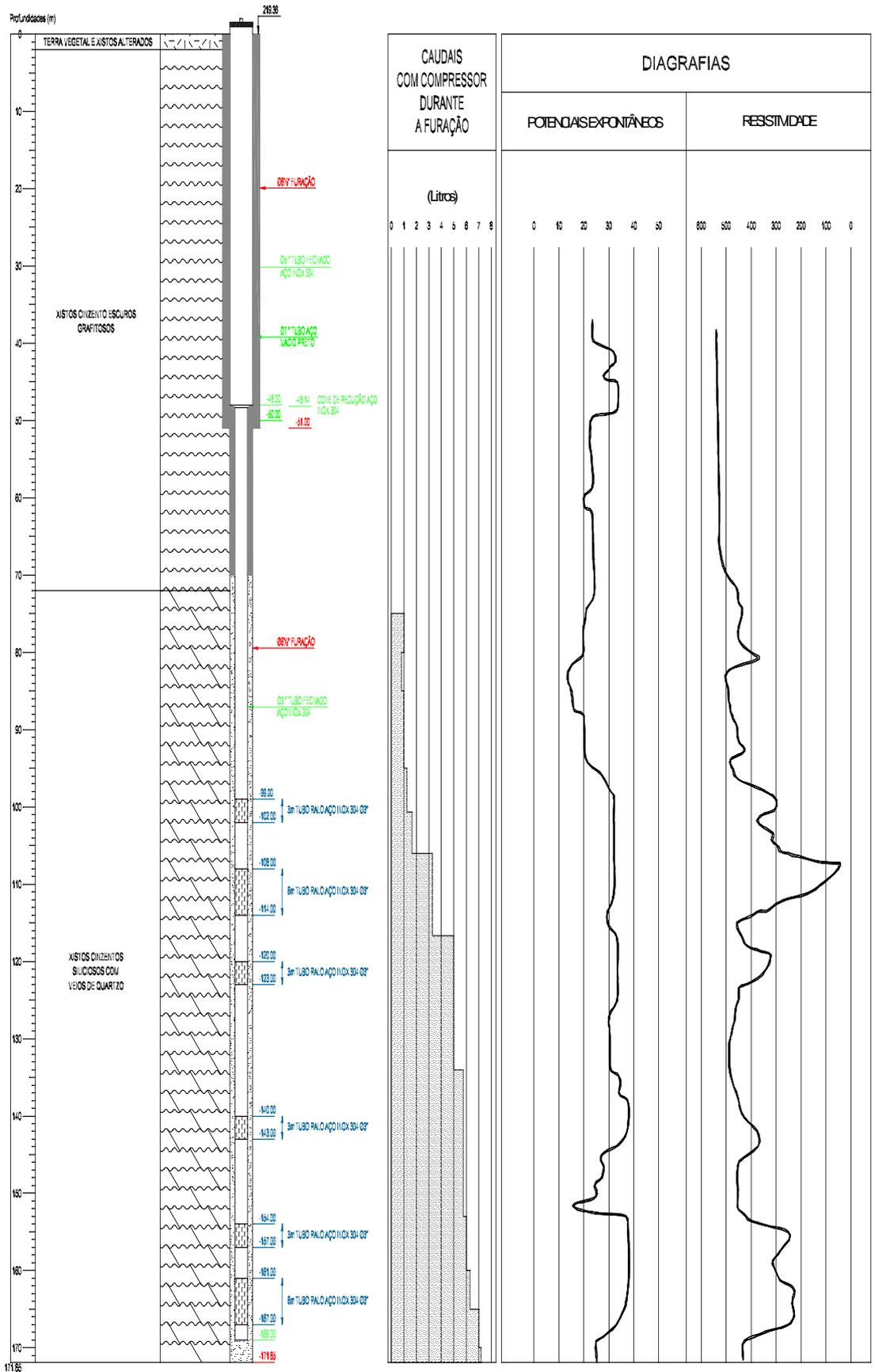


Exemplos de sondas de diagrafias.

Os resultados das diagrafias deverão ser analisados, em obra, imediatamente após a sua conclusão, devendo os registos e a interpretação dos mesmos ser apresentados, sob a forma de nota técnica, até um máximo de 24 horas após a sua realização. Esta nota técnica deverá ser incluída no relatório final e dele fazer parte integrante. As diagrafias deverão ser realizadas e interpretadas por técnico com reconhecida experiência e idoneidade, em conjunto com o projectista da captação.

O preço de cada campanha de diagrafias, incluindo o da determinação dos diversos parâmetros solicitados assim como o dos trabalhos de preparação do furo para as diagrafias deverá constar, obrigatoriamente, na lista de preços unitários da proposta.

Antes do início da execução das diagrafias as sondas deverão ser calibradas à boca do furo com recurso a fluidos com diferentes condutividades, temperaturas e resistividades, as quais serão comprovadas pelos aparelhos portáteis também calibrados para determinação destes parâmetros, após a sua calibração in situ. Para os restantes parâmetros deverá ser exigido certificado de calibração dos equipamentos, com data de validade do mesmo, emitido por entidade credenciada para o efeito.

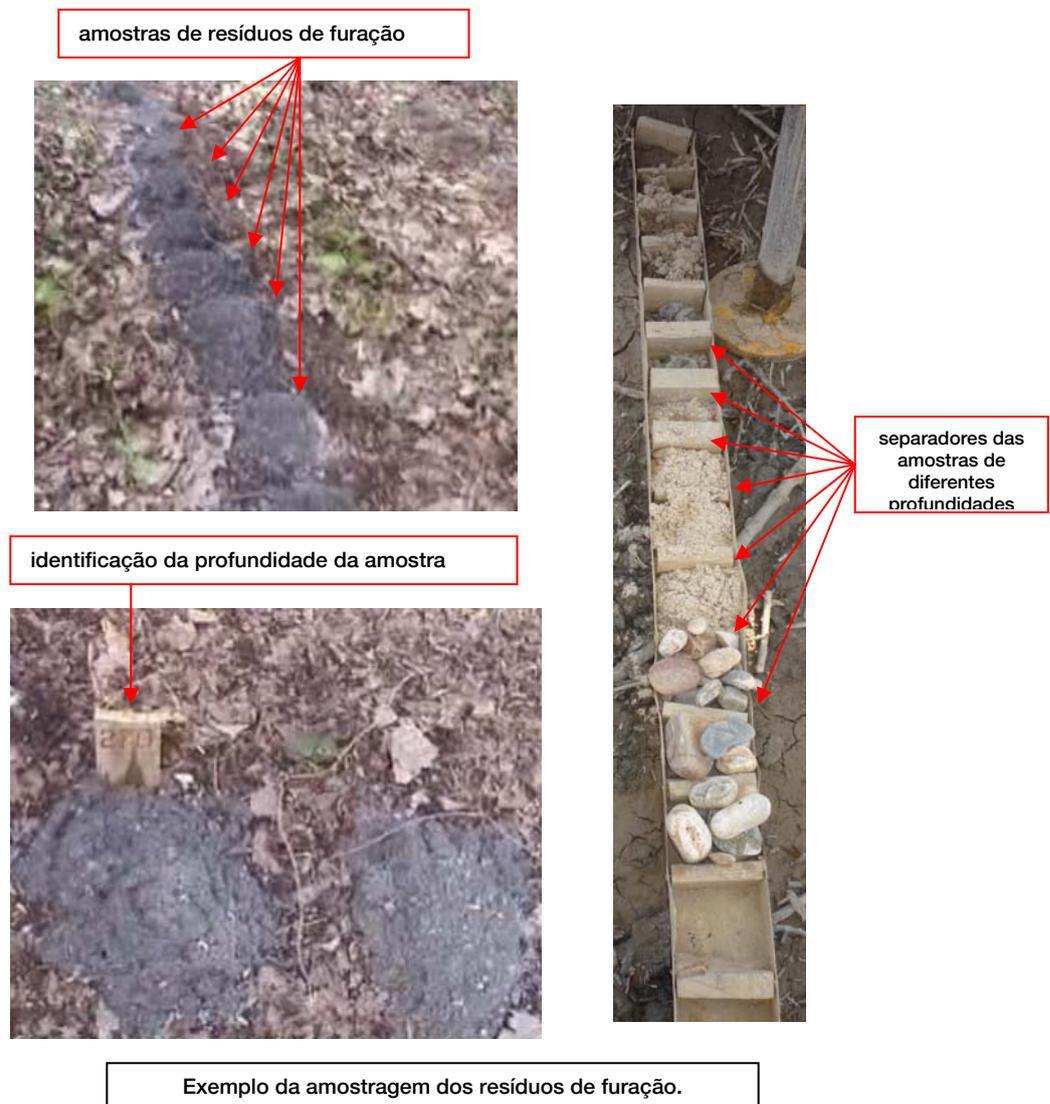


Exemplo de registo de diagrafia com diagrama da litologia e projecto da captação.

7.2.9 – Controlo hidrogeológico do avanço

Durante a execução das captações deverá ser realizado um controlo geológico e hidrogeológico, que poderá integrar algumas das seguintes tarefas, as quais devem ser definidas antecipadamente no caderno de encargos:

- **Colheita de amostras dos resíduos de furação** de metro a metro ou sempre que o Dono da Obra ou a Fiscalização o solicitar. As amostras devem ser colhidas à boca da captação ou na zona de retorno das lamas de estabilização de modo a garantir que são representativas das formações perfuradas. No caso das lamas de estabilização deverá recorrer-se a uma rede ou cesto de malha metálica fina para retenção dos resíduos em suspensão nas lamas. O material recolhido deverá ser disposto em pequenos montículos alinhados no terreno, nas imediações da área de trabalho numa zona protegida de passagem de pessoal ou veículos para que as amostras não sejam danificadas. As amostras não devem ser colocadas em sectores de escoamento preferencial das águas das chuvas para que não sejam arrastadas. Em caso de chuva as amostras devem ser recobertas com telas de plástico. Ao longo do alinhamento dos montículos de amostras deverão ser colocadas placas com indicação das amostras a cada dez metros de amostragem.



Deverão ser preparadas duas coleção de pequenas amostras dos resíduos de furação, colhidas a cada metro de profundidade, devidamente acondicionadas e identificadas em pequenos sacos de plástico com uma dimensão individual aproximada de 6 cm por 10 cm. Cada saco deverá conter apenas uma amostra dos resíduos de furação correspondentes a um metro de furação. Nalguns casos as amostras devem ser previamente secas antes de serem ensacadas. Estes testemunhos dos materiais de furação têm particular importância não só para a interpretação das formações intersectadas, mas para futuros estudos hidrogeológicos relacionados com novos furos, podendo contribuir de forma determinante para uma melhor compreensão do modelo hidrogeológico local e também para a correlação com outras captações executadas nas imediações.

Cada pequeno saco de plástico, com amostras de furação, devidamente fechado, deverá apresentar uma etiqueta onde constem os seguintes elementos:

- Nome do Empreiteiro
- Nome da Obra
- Nome do Dono da Obra
- Local da Obra
- Referência da Captação
- Comprimento total da captação
- Comprimento do início e do fim do troço a que se refere a amostra
- Cota da cabeça da captação
- Cota do início e do fim do troço a que se refere a amostra
- Coordenadas, da cabeça da captação, no sistema Hayford-Gauss referido ao ponto central de Melriça



Amostras de resíduos de perfuração ensacadas, identificadas, etiquetadas e embaladas.

No exterior de cada caixa que comportar conjuntos de sacos de plástico com amostras de furação, devidamente fechados, deverá constar a seguinte informação:

- Nome do Empreiteiro
- Nome da Obra
- Nome do Dono da Obra
- Referência da Captação
- Comprimento total da captação

- Comprimento do início e do fim do troço a que se referem as amostras da caixa
- Cota da cabeça da captação
- Cota do início e do fim do troço a que se referem as amostras da caixa
- Coordenadas, da cabeça da captação, no sistema Hayford-Gauss referido ao ponto central de Melriça.

As caixas com os sacos de plástico com as amostras de furação devidamente identificadas e acondicionadas deverão ser entregues conjuntamente com o relatório final da captação.

- Medição de caudal

Quando o fluido de circulação é água ou ar é possível proceder, de forma aproximada, à medição do caudal. No caso de aplicação de lamas ou espumas como fluido de circulação esta operação não é viável. A medição expedita de caudal durante a fase de perfuração deverá ser realizada com alguma regularidade ou sempre que se observe um afluxo ou redução brusca da quantidade de água que sai à boca do furo. Esta operação é em geral realizada entre manobras, isto é aquando da introdução de uma nova vara, quando a perfuração é suspensa. Deverá manter-se o compressor com caudal de ar comprimido estabilizado durante alguns minutos. Após este período deverá proceder-se à medição do caudal de água que sai da boca do furo em recipiente com dimensão apropriada para o volume de caudal em questão. Apesar deste registo ter carácter pouco preciso, o recipiente de medição do volume extraído deverá evitar o refluxo e agitação significativa de água no seu interior. Este caudal é meramente orientativo uma vez que não é possível avaliar o nível hidrodinâmico associado ao caudal extraído nem determinar com precisão o volume de ar injectado pelo compressor. Estes registos deverão, apesar das suas limitações, constar nos relatórios diários a entregar ao Dono de Obra ou à Fiscalização e deverão ser incluídos no relatório final.



Medição expedita de caudal na fase de perfuração

- Colheita de amostras de água à boca da captação

No caso de furos realizados com ar comprimido ou água como fluido de circulação deverão ser recolhidas amostras da água captada a profundidades pré-definidas pelo consultor projectista, pelo Dono da Obra ou pela Fiscalização.

No caso de aplicação de lamas ou espumas como fluido de circulação esta operação não é viável. As amostras deverão ser colhidas em frascos de amostragem apropriados, em plástico, devidamente limpos. Após a amostragem os frascos devem ser tapados imediatamente com tampa roscada. No caso de se destinarem a análises físico-químicas as amostras deverão ser colocadas de imediato em caixas térmicas refrigeradas e enviadas rapidamente para o laboratório de análises. Poderá ter de se recorrer a amostragem em frascos especiais previamente preparados pelo laboratório de análise, em especial para doseamentos relacionados com formas reduzidas de enxofre ou com dióxido de carbono livre. Nestes casos deverão ser seguidos os procedimentos indicados pelo laboratório de análises.

As profundidades das colheitas de amostras de água realizadas durante a fase de perfuração deverão constar nos relatórios diários a entregar ao Dono de Obra ou à Fiscalização e ser incluídas no relatório final.

- Determinação do pH, temperatura, condutividade, ou de outros parâmetros

No caso de furos realizados com ar comprimido ou água como fluido de circulação deverá proceder-se com regularidade apreciável à determinação do pH, da temperatura e da condutividade da água do furo, de modo definir um perfil sobre a variação destes parâmetros em profundidade. Estes parâmetros são fácil e rapidamente determinados com aparelhos portáteis, os quais deverão ser calibrados diariamente.

De igual modo, as determinações do pH e da condutividade deverão ser também realizadas com a máxima brevidade após a colheita de cada amostra de água para laboratório.

Além destes parâmetros poderá verificar-se a necessidade de se proceder à determinação in situ de outros parâmetros específicos considerados caracterizadores do aquífero a captar, tais como cloretos, dureza, entre outros a definir pelo consultor projectista ou pelo Dono da Obra.

Todos os resultados das determinações físico-químicas expeditas, referência das respectivas amostras e profundidades da perfuração deverão constar nos relatórios diários a entregar ao Dono de Obra ou à Fiscalização e deverão ser incluídos no relatório final.



Aparelhos portáteis para medição do pH, condutividade e temperatura.

– Ensaios de caudal com obturadores (packer test)

No decurso da perfuração poderá verificar-se a necessidade de se proceder ao isolamento e extracção de água de um determinado nível aquífero isoladamente. A mistura de águas provenientes de vários níveis aquíferos superiores poderá dificultar a detecção e localização do aquífero que se pretende captar.

Para se ultrapassar esta dificuldade torna-se necessário recorrer ao isolamento do nível inferior da perfuração com recurso a um obturador acoplado com um trem de varas.

Previamente deverá proceder-se à remoção de todo o equipamento de furação do interior do furo.

Posteriormente o obturador e respectivo trem de varas deverão ser descidos no furo até à posição pretendida. O obturador deverá ser totalmente insuflado com ar ou com água dependendo dos modelos, até um nível de pressão que ultrapasse a pressão da coluna de água acima deste em cerca de duas vezes. A parte superior do trem de varas deverá, ao longo de alguns metros ser mais larga de modo a permitir a instalação de uma pequena bomba submersível no seu interior.

Bloqueada a pressão do insuflador deverá proceder-se à medição do nível da água na parte interior da tubagem ligada ao obturador e também na parte exterior. Esta medição deverá ser repetida aquando da instalação da bomba submersível no interior da câmara de bombagem da tubagem do obturador nível de modo a caracterizá-lo individualmente.

A bomba submersível deverá ser accionada de modo a extrair apenas água do sector abaixo do obturador. O caudal da bomba submersível não necessita de ser muito elevado pois pretende-se na maioria dos casos aferir a composição química específica de um determinado nível aquífero e não proceder à avaliação da sua produtividade.

Para recolher a água representativa do nível profundo obturado deverá extrair-se, antes de qualquer amostragem de água, cerca de duas vezes o volume da água correspondente à tubagem do obturador e ao sector perfurado abaixo do obturador.

Durante a fase de bombagem deverá proceder-se com regularidade à medição do nível da água remanescente no furo na parte de fora da tubagem ligada ao obturador. Este nível deverá manter-se sempre inalterado o que demonstrará que o isolamento do obturador é eficiente. Contudo, caso se detecte algum abaixamento daquele nível a bombagem deverá ser suspensa uma vez que o isolamento com o obturador não é eficiente. O obturador deverá ser reposicionado novamente, para cima ou para um nível mais abaixo, e todo o processo deverá ser repetido.

Convém salientar que nem sempre é possível uma completa obturação de um determinado sector do furo. Trata-se de uma operação por vezes de difícil realização mas que quando concretizada com êxito poderá contribuir com informações preciosas, e esclarecer o posicionamento de um determinado nível aquífero.

Este tipo de operação só poderá ser realizado num furo perfeitamente estável em que não sejam utilizadas lamas de estabilização. Este método também só deverá ser aplicado caso os resultados das diagrfias não sejam esclarecedores.

Todos os trabalhos realizados, profundidades de instalação do obturador, níveis medidos, caudais extraídos e resultados das análises das amostras extraídas neste tipo de operação deverão constar nos relatórios diários a entregar ao Dono de Obra ou à Fiscalização e deverão ser incluídos no relatório final.

- Registo da profundidade do nível freático ou do caudal de artesianismo repuxante e pressão hidrostática



SONDA DE MEDIÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA NO FURO

No caso dos trabalhos não serem realizados em contínuo, 24 horas/24 horas, deverá proceder-se à medição do nível da água no furo antes do início dos trabalhos e após a sua conclusão, todos os dias em que houver laboração.

A medição dos níveis da água no interior do furo deverá ser realizada com sonda eléctrica apropriada, com alarme sonoro e/ou luminoso quando a ponta de sonda tocar na água, e apresentar marcas centimétricas e métricas ao longo da extensão da fita.

No caso de ocorrer artesianismo repuxante à boca do furo deverá proceder-se à medição do registo do caudal natural de emergência

antes do início dos trabalhos e após a sua conclusão, todos os dias em que houver laboração.

Ainda no caso de artesianismo repuxante à boca do furo deverá proceder-se, no final da fase de perfuração à determinação da pressão hidrostática estabilizada na cabeça do furo. Para o efeito a cabeça do furo deverá ser fechada, de forma perfeitamente estanque, com uma tampa aparafusada flange do tubo guia, e incluir uma junta de borracha para garantir a estanquidade da base da tampa. Na tampa deverá ser instalado um orifício com um manómetro para determinar a pressão da água no interior do furo. Este procedimento é essencial para programar as condições e metodologias a implementar na fase de construção da captação, em especial se as pressões instaladas forem significativas. Para o sucesso deste procedimento as condições de instalação do tubo guia deverão seguir as recomendações indicadas mais adiante pois caso contrário será difícil qualquer medição de pressões.

Os registos destas leituras e das operações do eventual isolamento da cabeça do furo deverão constar nos relatórios diários a entregar ao Dono de Obra ou à Fiscalização e deverão ser incluídos no relatório final.

7.3 – Selantes para isolamentos

7.3.1 – Definições

Um dos principais objectivos de um furo de água mineral, consiste em captar apenas um aquífero específico, impedindo ao mesmo tempo a entrada de águas de outros níveis aquíferos por possuírem perfis hidroquímicos diferentes, por apresentarem contaminação química ou bacteriológica, ou por apresentarem gradientes hidráulicos muito diferentes. Além disso, um furo de água mineral também não deve permitir a infiltração de águas superficiais ou sub-superficiais, na maioria dos casos contaminadas.

O isolamento dos diversos níveis aquíferos que não se pretende captar inicia-se no decurso da fase de perfuração, prolongando-se até ao final da construção da captação com a aplicação do isolamento final acima do topo do maciço drenante.

Para o isolamento dos níveis indesejados recorre-se, em geral, à aplicação de produtos selantes de diminuta permeabilidade. Estes produtos de selagem podem ser aplicados isoladamente, ou em conjunto com tubagens de isolamento que têm por função, complementar e/ou reforçar o isolamento de um determinado sector da captação.

Além da função de isolamento de níveis aquíferos indesejados os selantes têm também por objectivo um reforço da protecção das tubagens de revestimento definitivo da captação.

7.3.2 – Tipos de selantes

7.3.2.1 – Aspectos gerais

Os selantes mais utilizados no isolamento de sectores de furos de captação são, em termos de composição:

- argilas expansivas simples ou com adjuvantes;
- calda de cimento e água, ou de cimento e água com alguma percentagem de adjuvantes;
- argamassas de betão.

Os isolamentos com calda de cimento intercalados com argilas expansivas podem ser aplicados nalgumas situações, desde que se respeitem os tempos de cura da calda de cimento antes de se proceder à introdução das argilas. Considera-se contudo mais adequada aplicação do mesmo tipo de isolante de forma homogénea e contínua.

São contraindicados enchimentos do espaço anelar com materiais permeáveis ou argilas não expansivas, pelo facto de não apresentarem função de impermeabilização e de reforço de protecção das tubagens de revestimento. O objectivo principal dos selantes indicados consiste em isolar e proteger de níveis aquíferos indesejados, as tubagens de revestimento intercalares bem como as definitivas, o que não ocorre com materiais permeáveis ou argilas não expansivas.

Também devem ser rejeitados os materiais a granel de origem desconhecida, sem identificação comercial e sem controlo de qualidade na sua produção.

Não se deve recorrer à aplicação de resinas epóxicas para a selagem do espaço anelar ou da base de uma perfuração pelo facto da composição química apresentar, por regra, toxicidade elevada sendo portanto contra-indicadas no contacto com produtos de qualidade alimentar, atendendo ao facto de que podem vir a entrar em contacto directo ou indirecto com as águas a explorar.

7.3.2.2 – Argilas expansivas

7.3.2.2.1 – Caracterização geral

Tratam-se de argilas com grande capacidade de absorção de água e elevado aumento de volume em contacto com a mesma, sendo designadas por expansivas. A bentonite (montemorilonite sódica) e é o tipo de argila expansiva mais utilizado como selante de captações de água.

As argilas expansivas aplicadas na selagem de furos são normalmente comercializadas sob a forma de um granulado, designado na terminologia anglo-saxónica por “pellets”. Apresentam várias designações comerciais, consoante a sua apresentação, composição, densidades, permeabilidade e tipo de aplicação específica. As suas permeabilidades, em geral diminutas após aplicação, variam em geral entre 10^{-9} m.s⁻¹ e 10^{-11} m.s⁻¹.



Granulado de argila expansiva para isolamento.

Existem também produtos à base de argilas expansivas comercializados em pó, que permitem produzir caldas de selagem à base de bentonite, as quais que podem ser injectadas com recurso a central de mistura e a bomba de injeção, tal como uma calda de cimento, sendo referidos na terminologia anglo-saxónica como bentonite sealing grouts.



As caldas constituídas apenas por argilas bentoníticas em pó, a que é adicionada água, correspondem a um fluído com elevada densidade, sem coesão e com um alto teor em água, não apresentando qualquer função resistente. Estas caldas mantêm-se viscosas, como um gel, enquanto estão em contacto com a água. Se secarem em contacto com o ar originam-se fendas de retracção.

Existem no mercado alguns produtos à base de argilas complementados com ligantes do tipo gesso ou pozolanas que conferem endurecimento à calda e alguma resistência. Estes produtos apresentam a vantagem de não desenvolverem temperaturas significativas no decurso da reacção de endurecimento, situação favorável à sua aplicação no isolamento de tubagens de revestimento em PVC. No entanto a sua baixa resistência e adesividade aos materiais não lhes confere capacidade de fixação das tubagens de isolamento ao terreno.

7.3.2.2.2 – Modo de aplicação

No caso das argilas expansivas em formato granulado, não há necessidade de qualquer tipo de preparação prévia antes da sua introdução no sector a selar. Os grânulos são vertidos directamente para o interior do furo ou para o espaço anelar a isolar, descendo por gravidade até à base da zona a isolar.

Deverá proceder-se previamente ao cálculo do volume de grânulos de argila, a introduzir na captação, necessários ao preenchimento da totalidade do volume do sector que se pretende isolar, tendo em consideração as indicações dos volumes de expansibilidade unitários indicado pelo fornecedor das argilas expansivas granulares.

Será prudente proceder à operação de introdução dos grânulos de forma faseada e lenta. A introdução, quase instantânea, de grandes quantidades de grânulos no sector a isolar implica por vezes a dificuldade, ou mesmo a impossibilidade, dos grânulos descenderem até à base do sector a isolar, em particular quando o espaço anelar por onde são introduzidos é reduzido. O faseamento da introdução relaciona-se com o tempo necessário para permitir a natural expansão das argilas que formam os grânulos. Uma rápida introdução pode resultar também num excesso de gasto de material com o regurgitar do mesmo à boca do furo, por vezes com elevados volumes de material desperdiçado e dificuldades de realização das operações subsequentes, tais como o isolamento da cabeça da captação.

Em furos realizados com lamas de estabilização como fluído de circulação deverá proceder-se, tanto quanto possível, ao aumento da sua fluidez e à redução da densidade de modo a permitir e facilitar a introdução e descida dos grânulos de argila expansiva. No caso de ser imperativo manter a densidade do fluído de circulação elevada para manter a estabilidade das paredes da captação, não se deverá optar pela aplicação de grânulos de argilas expansivas, dada a sua dificuldade em descender através das lamas de estabilização, devendo-se optar por caldas de argila injectadas ou por caldas de cimento.

No caso das caldas de argilas expansivas, torna-se necessário o adição de água ao produto comercializado ensacado, em pó, seguindo as indicações do fabricante e a densidade desejada para a calda.

A calda é preparada numa pequena central de produção de calda constituída por uma misturadora e uma bomba de injeção. A mistura da argila em pó com a água faz-se através de um cone de mistura apropriado que é instalado na tubagem da água, tal como o que se ilustrou na alínea referente às argilas de estabilização. À medida que a água passa a argila em pó vai sendo arrastada com a água, misturando-se com a mesma. Se o recipiente da misturadora possuir um parafuso do tipo “sem fim” que permita a mistura da argila em pó, poderá introduzir-se directamente a argila em pó na misturadora.

Após a preparação da calda de argila a sua introdução é realizada mediante a injeção da mesma a partir da base do sector a selar. Para o efeito é descido um trem de varas de injeção, em ferro ou PVC, com dimensão compatível com o espaço anelar remanescente se for o caso, até à base da zona a selar. Posteriormente, a bomba de injeção da central onde a calda foi preparada é conectada ao trem de varas, iniciando-se a injeção e introduzindo-se o volume de calda desejado. A injeção deverá ser realizada com a mínima pressão possível e com um caudal regular de modo a permitir uma lenta ascensão da calda no espaço a isolar e evitar fenómenos de fracturação hidráulica no terreno.

Tal como se referiu anteriormente, em furos realizados com lamas de estabilização densas como fluído de circulação deverá proceder-se, tanto quanto possível, ao aumento da sua fluidez e à redução da sua densidade de modo a facilitar a sua remoção e a facultar a introdução, por injeção, da calda de argila.

A calda de argila deverá apresentar uma viscosidade idêntica à das lamas de estabilização mas uma densidade superior de modo a evitar a interpenetração da calda de injeção de argila pelo interior das lamas de estabilização residentes no furo, o que pode dar origem a uma incompleta expulsão das lamas de estabilização e, ao mesmo tempo, a um isolamento deficiente do sector a selar devido à mistura entre as lamas de estabilização e a calda de injeção de argilas expansivas de selagem.

Torna-se assim necessário proceder ao controlo da calda de argilas a injectar, aquando da sua preparação, no que se refere à viscosidade e densidade, recorrendo-se para o efeito ao cone Marsh e à balança de lamas, utilizadas também no controlo das lamas de estabilização, tal como se referiu anteriormente aquando da referência aqueles fluídos de circulação.

As caldas de argila bentonítica podem apresentar alguma dificuldade no processo de injeção quando são utilizadas tubagens com diâmetro reduzido (3/4") quando o espaço anelar é também reduzido.

Um dos principais problemas destas caldas reside no elevado teor em água que mantêm permanentemente após a sua aplicação podendo ser arrastadas pelo fluxo de águas subterrâneas associadas aos níveis que se pretendem isolar, saldando-se na ausência da sua função protectora da tubagem de revestimento.

7.3.2.2.3 – Vantagens

Uma das principais vantagens da aplicação de argilas expansivas como selante num furo reside no facto de não desenvolverem quaisquer fenómenos de aquecimento durante a sua aplicação, pois que não há qualquer reacção química associada, pelo que podem ser aplicadas como selante em torno de tubagens em PVC sem se correr o risco de ocorrerem deformações resultantes de qualquer aquecimento pode nalguns casos acontecer com as caldas de cimento.

Além disso, a aplicação das argilas expansivas na sua versão granular não implica a necessidade de grandes meios de execução, tais como centrais de produção, misturadoras, bombas de injeção, como acontece com a sua versão em calda ou mesmo com as caldas de cimento. No caso do granulado basta verter o material das sacas onde se encontra acondicionado, para o sector a isolar, a partir da boca do furo.

7.3.2.2.4 – Desvantagens

Os produtos de selagem à base essencialmente de argilas expansivas têm a desvantagem de não possuírem adesividade significativa, nem efeito de colagem, pelo que não desempenham qualquer função resistente ou de fixação das tubagens de isolamento. Por outro lado, apesar da sua muito reduzida permeabilidade permitem o acesso de alguma humidade junto do sector externo da tubagem de revestimento, situação que poderá contribuir para a oxidação externa das tubagens de revestimento em metal, em especial se as águas da zona isolada forem muito agressivas.

A sua aplicação em furos com artesianismo repusante, isto é, em furos em que a água sai livremente à boca do furo, apresenta algumas limitações, em especial se as pressões do aquífero captado forem elevadas. A falta de função resistente e de fixação, e o seu carácter não coeso, podem conduzir à expulsão das argilas neste tipo de furos com artesianismo repuxante ou mesmo à criação de caminhos preferenciais da água pelo interior do material argiloso, fenómeno designado tecnicamente por erosão interna, facto que poderá conduzir à saída de água à superfície na zona a isolar, situação que não ocorre com a calda de cimento após um adequado tempo de cura.

A aplicação de argilas expansivas em grão pode apresentar problemas de enchimento do espaço anelar. Por vezes os grãos tendem a acumular-se junto aos centralizadores impedindo a passagem do restante material em profundidade. Por outro lado, quando a dimensão do espaço anelar é reduzida a progressão dos grãos é dificultada podendo originar acumulações preferenciais nalguns sectores que impedem o pleno enchimento do espaço anelar. O enchimento do espaço anelar pode ser dificultado ainda pela elevada densidade das argilas de estabilização, originando um atraso na descida dos grãos e a sua expansão durante a descida impedindo o completo enchimento do espaço anelar.

7.3.2.3 – Calda de cimento

7.3.2.3.1 – Caracterização geral

Este tipo de isolante consiste numa mistura de cimento e água, a que por vezes podem ser adicionados alguns adjuvantes para controlo da densidade, da viscosidade, e para retardar ou para acelerar o seu endurecimento. Só em determinadas situações muito específicas, que serão descritas mais adiante, é que são adicionadas areias à calda de injeção. Por norma são isentas de qualquer tipo de agregado consistindo num fluído simples de injeção.

Após a injeção, a calda de cimento tende, ao fim de cerca de duas horas, a ganhar rigidez rapidamente e a aumentar a sua temperatura por efeito da reacção química que se desenvolve relacionada essencialmente com a hidratação de silicatos de cálcio, e também por expulsão lenta de parte da água que comporta, processo que em geral é designado por “cura”. O aumento de rigidez da calda é designado tecnicamente por “presa”. Após uma primeira fase de aumento de rigidez, ou de presa, segue-se, após algumas horas, o início da fase de endurecimento propriamente dito, o qual é muito rápido no primeiro e no segundo dia, conferindo uma resistência significativa ao material endurecido. Este aumento de resistência irá evoluir ao longo do tempo, durante meses ou anos. Contudo a maior parte do aumento de resistência verifica-se nos primeiros 28 dias, obtendo-se contudo uma resistência à compressão simples muito significativa aos 7 dias. Nalgumas caldas a resistência à compressão após 7 dias de cura poderá ser da ordem dos 27 MPa, atingindo os 30 MPa aos 28 dias de cura. Constata-se, assim, que o aumento de resistência é muito rápido na fase inicial do endurecimento, atingindo-se valores muito significativos algumas horas após o início do endurecimento da calda. Pelo exposto, a reperforação da calda, caso seja necessário nalguns trabalhos, só deverá ter lugar cerca de 18 horas a 24 horas após a sua injeção, de modo a garantir que a mesma apresente já um

endurecimento e uma resistência compatíveis com os trabalhos de reperfuração, não se devendo aplicar o método de perfuração com martelo de fundo neste tipo de reperfuração, a qual deverá ser suave e com muito baixa rotação. Também o período entre fases de injeções subsequentes deverá de ser de 18 horas a 24 horas após a sua injeção para que a calda possua resistência suficiente para suportar a carga associada à fase de injeção que lhe for sobreposta.

Convém também salientar, desde já, que a reacção química que se desenvolve durante a cura da calda de cimento é uma reacção do tipo exotérmico, isto é, em que ocorre libertação de calor.

O processo de libertação de calor inicia-se no decurso ainda da preparação da calda, decrescendo até à fase do início da presa, altura em que volta a aumentar durante a fase de presa, prosseguindo na fase de endurecimento, atingindo um valor máximo cerca de 10 horas após a amassadura, voltando a decrescer progressivamente. A questão de aumento de calor é particularmente importante quando se procede a injeções do espaço anelar em tubagens de revestimento em PVC. O aumento de temperatura durante a cura pode, nalgumas circunstâncias, promover a deformação da tubagem de revestimento em PVC, e no cenário mais drástico inviabilizar a captação. A deformação da tubagem de PVC depende de vários factores tais como da espessura e características da tubagem, da espessura do espaço anelar e do comprimento da coluna de calda injectada, tal como adiante se aborda.

Nos casos de injeções em tubagens de PVC poderá recorrer-se aos cimentos correntes de baixo calor de hidratação (LH), definidos na norma NP EN 197-1:2001/A1:2005, ou mesmo aos cimentos especiais de muito baixo calor de hidratação (VLH) caracterizados na norma NP EN 14216:2005.

O endurecimento e aquisição de resistência mecânica durante a cura implica também um poder de adesividade apreciável aos materiais envolvente, sejam solos, rochas ou tubagens em metal ou em PVC, permitindo a sua fixação ao contrário dos selantes à base apenas de argilas expansivas sem cimento. A permeabilidade após a completa cura varia entre 10^{-5} cm.s⁻¹ a 10^{-7} cm.s⁻¹, dependendo do tipo de calda aplicada.

A razão em massa água/cimento, varia consideravelmente consoante o cenário de injeção, tal como adiante se refere. Em geral, as relações em massa água/cimento variam entre 0,5, correspondendo a proporção em massa de água/cimento de 1/2, e um valor de 0,66, correspondendo a uma proporção em massa de água/cimento de 1/1,5. Poderá, eventualmente, observar-se a necessidade de caldas mais viscosas chegando a razões em massa de água/cimento da ordem de 0,2, correspondendo a uma proporção em massa de água/cimento de 1/5, sendo necessário adicionar plastificantes a estas caldas mais espessas para melhorar a sua trabalhabilidade e reduzir o atrito nas bombas de injeção. Por outro lado, pode tornar-se necessário o recurso a caldas muito fluídas com razões em massa de água/cimento de 2,5, a que corresponde uma proporção em massa de água/cimento de 1/0,4, embora estas proporções mais aquosas tenham que ser complementadas com proporções de adjuvantes significativas. De facto, razões em massa de água/cimento superiores a 0,95 implicam a segregação e sedimentação do cimento, por exsudação excessiva, prejudicando ou mesmo inviabilizando a cura da calda de forma adequada, pelo que em geral estas razões de água/cimento requerem a adição significativa de adjuvantes.

As diferentes razões, e proporções, de água/cimento implicam diferentes densidades da calda. Por exemplo, uma calda com uma razão em massa água/cimento de 0,66, ou seja uma proporção em massa de água/cimento de 1/1,5, apresentará uma densidade de cerca de 1,65. No entanto, uma calda com uma razão em massa água/cimento de 0,66, ou seja uma proporção em massa de água/cimento de 1/2, apresentará uma densidade de cerca de 1,8.

Para determinar a densidade de uma calda de cimento aplicando um cimento tipo 32 poderá aplicar-se a seguinte fórmula:

$$D = (1 + (A / C)) / ((1 / d) + (A / C))$$

Em que:

D – densidade da calda de cimento

A – massa da água

C – massa do cimento

d – densidade do cimento utilizado (fornecida pelo fabricante)

A fluidez ou viscosidade da calda de cimento deverá permitir que, durante a fase de injeção, a calda escoe de forma adequada até à base das tubagens de injeção e consiga empurrar a água, o ar ou as lamas de estabilização que se encontram acima do sector a injectar. No caso de uma injeção num sector com lamas de estabilização residentes a fluidez da calda deverá ser a mais próxima da das lamas para se evitarem fenómenos de interpenetração, caracterizados pela deficiente expulsão das lamas pela calda, resultando num inadequado isolamento do espaço anelar. Para controlar a fluidez da calda deverá proceder-se ao ajuste correcto da relação água/cimento e à adição dos adjuvantes adequados.

7.3.2.3.2 – Adjuvantes

São produtos adicionados à calda durante a fase de amassadura que podem alterar a sua densidade, fluidez, ou o tempo do processo de presa e de endurecimento

Os tipos de adjuvantes mais utilizados podem distinguir-se em duas classes:

- para controlo da densidade das caldas, tanto no sentido do aumento como na diminuição da densidade;
- para alteração do tempo de presa e de início do endurecimento, permitindo quer acelerá-lo quer retardá-lo.

Os adjuvantes para redução da densidade e controlo da fluidez das caldas de cimento, são aplicados em percentagens que variam em geral entre 1 a 5%, podendo excepcionalmente chegar aos 10 %, implicam uma redução da resistência à compressão e um aumento de plasticidade e maleabilidade. Este tipo de adjuvantes são os seguintes:

- bentonite
- rochas lávicas meteorizadas
- diatomite
- argilas e xistos termicamente activados (metacaulino)
- cinza volante calcária,
- cinza volante siliciosa,
- sílica de fumo
- Mica triturada
- Cascas de noz moída (não recomendável em furos de água mineral pela sua composição orgânica e eventual decomposição)

Os adjuvantes utilizados para o aumento da densidade das caldas de cimento podem ser os seguintes:

- Hematite
- Limonite

- Barite
- Areia muito fina

Os adjuvantes aplicados na redução do tempo de presa e do início do endurecimento são também conhecidos por aceleradores de presa, comportando-se como agentes corrosivos das tubagens de aço, pelo que o seu uso deverá ser ponderado, em função dos materiais com que irão contactar. De entre os mais comuns contam-se os seguintes:

- cloreto de sódio
- cloreto de cálcio
- gesso
- silicato de sódio
- água salgada

Quando aplicados para o aumento do tempo de presa e do início do endurecimento são designados por retardadores de presa, sendo aplicados em percentagens variáveis entre 0,1 a 05 %:

- serradura fina de madeira
- cola (não aplicável em furos de água mineral ou de nascente devido à sua toxicidade)

A temperatura da água subterrânea do sector a injectar poderá influenciar o tempo de presa e de endurecimento da calda de cimento. Temperaturas elevadas da água subterrânea tendem a funcionar como aceleradores do tempo de presa enquanto que temperaturas baixas das águas subterrâneas tendem a funcionar como retardadores do tempo de presa.

Actualmente são comercializados no mercado toda uma vasta gama de produtos adjuvantes, e mesmo de cimentos com adjuvantes incorporados, para os mais diversos fins e aplicações em injeções de calda de cimento, previamente testados, com características técnicas bem definidas, e indicações detalhadas sobre a sua elaboração e aplicação em obra. A aquisição destes produtos será preferível às tentativas de mistura em obra dos adjuvantes anteriormente indicados, em especial quando não existe prática e experiência, nem os meios adequados para elaborar as misturas nem para as testar previamente à injeção.

7.3.2.3.3 – Controlo de qualidade da calda de cimento

Não existem normas que definam os critérios de controlo de qualidade das caldas de cimento a aplicar em isolamentos de furos de captação de água subterrânea. No entanto, será oportuno recorrer, com as limitações implícitas, aos critérios e ensaios definidos nas normas internacionais, destinadas à realização de injeções de calda de cimento aplicáveis à indústria de perfuração de petróleo e de gás natural, nomeadamente:

ISO 10426-1:2009 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 1: Specification;

ISO 10426-2:2003 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 2: Testing of well cements;

ISO 10426-3:2003 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 3: Testing of deepwater well cement formulations;

ISO 10426-4:2004 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 4: Preparation and testing of foamed cement slurries at atmospheric pressure;

ISO 10426-5:2004 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 5: Determination of shrinkage and expansion of well cement formulations at atmospheric pressure;

ISO 10426-6:2008 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 6: Methods for determining the static gel strength of cement formulations;

Recomenda-se também a consulta e utilização, com as inerentes limitações, das normas portuguesas relativas à caracterização, controlo de qualidade e metodologias de aplicação das caldas de cimento para injeção de armaduras de pré-esforço, nomeadamente dos seguintes documentos:

NP EN 445 Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio (2000)

NP EN 446 Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos de injeção (2000)

NP EN 447 Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes (2000)

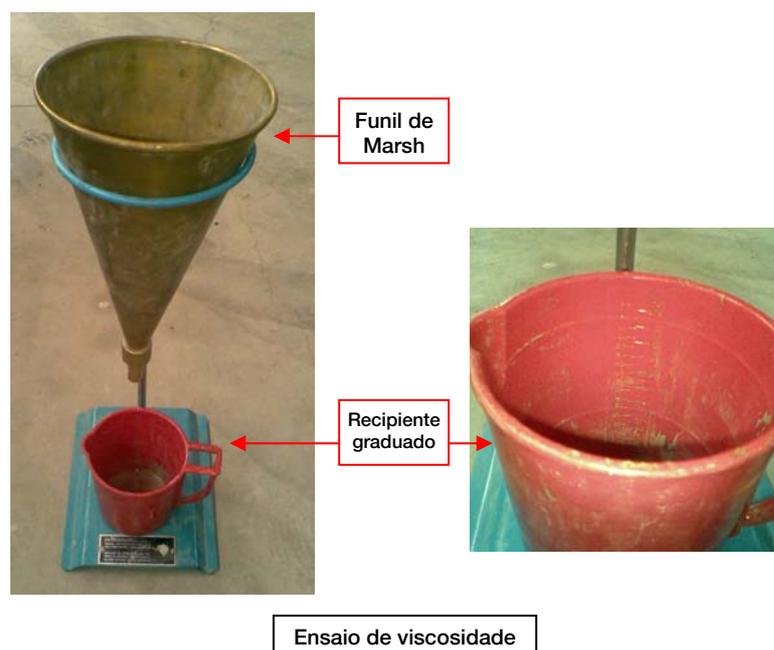
Apesar de terem objectivos distintos, as normas indicadas constituem um bom guia de procedimentos no que respeita ao controlo das características das caldas, aplicável também às caldas a utilizar como isolante de sectores de furos de captação de água subterrânea.

Será sempre vantajoso, mesmo necessário, antes da produção da calda a injectar, proceder a um estudo prático sobre o tipo de calda a aplicar, mediante a elaboração de alguns tipos de caldas com diferentes densidades e viscosidades, incluindo os adjuvantes considerados mais apropriados para a situação em questão.

O adequado controlo das características das caldas de injeção baseia-se na determinação dos seguintes parâmetros:

- Ensaio de fluidez ou viscosidade – Norma NP EN 447, 2000

Ensaio realizado com o cone de Marsh, tal como no caso das lamas de estabilização, anteriormente referido.



- Ensaio de densidade – Norma NP EN 447, 2000

Permite avaliar a densidade real da calda de cimento e compará-la com a densidade teórica calculada. Consiste na determinação da densidade directamente numa balança apropriada, idêntica à utilizada e referida na determinação da densidade das lamas de estabilização.



Balança para determinação da densidade da calda de cimento

- Ensaio de exsudação - Norma NP EN 447, 2000

A exsudação consiste na quantidade de água que ascende à superfície da calda, por efeito de migração, devendo ser diminuta para evitar fenómenos de segregação e sedimentação do cimento que prejudicam, uma adequada e completa presa e endurecimento. O ensaio é realizado com efeito a provetas graduadas de grande dimensão onde é introduzida a calda. Ao fim de algum tempo é registada a altura da calda e a espessura de água limpa acumulada acima da calda, correspondente ao fenómeno de exsudação. Este ensaio permite assim determinar o volume efectivo de calda de cimento que será injectada e da quantidade de água que será libertada por exsudação, recomendando-se o recálculo da densidade da calda atendendo ao volume de água libertada.

- Ensaio de variação de volume - Norma NP EN 447, 2000

Durante a presa ocorrem variações de volume, que se podem caracterizar tanto por um aumento, como por uma diminuição, relacionados com fenómenos de sedimentação do cimento ou de expansão. Este ensaio permite avaliar a variação de volume após 24 horas de cura, situação particularmente importante no caso de injecções junto de tubagens em PVC. Este parâmetro, em conjunto com a exsudação permite definir o grau de estabilidade da calda.

- Ensaio de resistência à compressão – Norma NP EN 196-1;2006 Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinações das resistências mecânicas.

Permite avaliar a resistência à compressão simples e determinar as características de aderência da calda. Terá particular interesse nos casos em que a calda tenha de desempenhar funções de contenção além da função de isolamento.

A colheita de amostras de calda de cimento assim como a sua preparação para os ensaios mencionados deverá seguir os procedimentos da norma NP EN 196-7:2008 Métodos de ensaio de cimentos Parte 7: Métodos de colheita e de preparação de amostras de cimento.

A determinação do tempo de presa poderá ser determinada através da realização do respectivo ensaio específico definido na norma

NP EN 196-3:2005 + A1:2009 Métodos de ensaio de cimentos. Parte 3: Determinação do tempo de presa e da expansibilidade.

No caso de tubagens de revestimento em PVC será interessante proceder à avaliação das temperaturas durante a cura da calda. Para o efeito poderão ser realizados ensaios específicos definidos nas seguintes normas:

NP EN 196-8:2010 “Métodos de ensaios de cimentos. Parte 8: Calor de hidratação – Método da dissolução.”;

NP EN 196-9:2006 “Métodos de ensaio de cimentos Parte 9: Calor de hidratação – Método semi-adiabático.”

7.3.2.3.4 – Factores condicionantes da injeção

O sucesso e a eficiência de uma injeção com calda de cimento dependem, não só das características da própria calda, como de diversos outros factores que em seguida se identificam, para além da metodologia de preparação.

- Características da calda

Haverá que aplicar a calda mais adequada para o tipo específico de injeção a realizar, quer em termos de densidade e viscosidade, tipos de adjuvantes e tempos de presa. A formulação de uma calda deve ser baseada na permeabilidade dos terrenos envolventes, nas características das lamelas de estabilização que se encontrem no interior da captação, nos materiais de revestimento e nos equipamentos e meios de preparação e de injeção da calda.

Haverá que, antecipadamente, realizar testes de caracterização ao tipo de calda que se prevê aplicar, de modo a verificar se a mesma é a mais adequada para a situação em questão, avaliando a necessidade, ou não, de introduzir na sua composição adjuvantes no sentido de aumentar, ou diminuir, a sua densidade ou aumentar, ou diminuir, o tempo de presa. A determinação do período de tempo para o início da presa de uma calda, isto é, o tempo para o início da sua solidificação, é determinante para evitar a sua solidificação antes da conclusão dos trabalhos de injeção. No caso de tubagens em PVC será prudente avaliar a temperatura durante as fases de presa e endurecimento.

- Características dos terrenos envolventes à zona a injectar

A permeabilidade dos terrenos envolventes deverá ser tida em conta antes do início dos trabalhos de injeção. Terrenos muito permeáveis na zona a injectar recomendarão caldas mais viscosas e com a eventual adição de um acelerador de presa de modo a evitar grandes perdas de calda para o interior do maciço envolvente. Em contrapartida, a injeção em terrenos pouco permeáveis devem implicar caldas mais fluídas, sem necessidade de adjuvantes para alteração do tempo de presa. Nalguns casos de terrenos argilosos poderá ocorrer perda de água da calda para a formação.

Em sectores de injeção com cavidades significativas, onde se tenham verificado perdas significativas do fluído de circulação será indicada a utilização de caldas mais viscosas e com a eventual adição de um acelerador de presa de modo a evitar grandes progressões da calda através das fracturas ou cavidades do maciço envolvente. Em sectores carsificados, isto é com cavidades, que apresentem permeabilidade muito elevada poderá mesmo optar-se pelo recurso à aplicação de argamassas, assunto abordado mais adiante. Esta solução implica contudo meios de aplicação, de preparação e de injeção mais robustos.

- Características hidrogeológicas do sector a isolar

Composição química da água subterrânea

A composição das águas subterrâneas que ocorram nos sectores a injectar poderão alterar o comportamento da calda de cimento. Águas muito mineralizadas, com concentrações

significativas de cloreto de sódio, terão um efeito de acelerador de presa, pelo que poderá neste caso ponderar-se pela necessidade de se aplicar um retardador de presa.

Temperatura da água subterrânea

A elevada temperatura da água subterrânea da zona a injectar poderá condicionar o tempo de cura, acelerando a presa da calda, podendo nesta situação ter de se optar pela adição de um retardador de presa.

Profundidade da água no furo

A profundidade da água no interior do furo de captação poderá nalguns casos condicionar a aplicação de algumas técnicas de injeção de selagem intercalar, em especial aquando da aplicação de soluções da técnica de isolamento central com ascensão anelar descrito mais adiante. A aplicação desta metodologia de injeção poderá requerer a aplicação de obturadores simples ou a execução de um selo na base da furação com posterior enchimento de água, tal como se descreve adiante.

Furos com artesianismo repuxante

A ocorrência de artesianismo repuxante à boca do furo, isto é, a saída natural da água subterrânea à boca do furo, com um caudal significativo, torna a execução da injeção de cimento mais complexa e de difícil execução.

São várias as soluções embora a mais garantida consista na realização da injeção em contra-pressão, temática que será abordada mais adiante na alínea referente às técnicas de injeção.

- Características de execução da captação

Presença de lamas de estabilização

A densidade e viscosidade das lamas de estabilização podem condicionar, de forma determinante, a correcta injeção de um sector a isolar. A calda de cimento deverá mobilizar, no sentido ascendente, as lamas de estabilização ocupando a totalidade do espaço anelar, de forma homogénea e sem que haja mistura significativa da calda de injeção com as lamas de estabilização. Caso a viscosidade da calda de cimento seja muito diferente da viscosidade das lamas de estabilização poderá verificar-se a interpenetração da calda pelo interior das lamas de estabilização dando origem a uma mescla, não homogénea, de lamas e calda de cimento no sector a isolar, e conseqüentemente a um muito deficiente isolamento do sector em questão. O conhecimento da densidade e da viscosidade quer das lamas de estabilização quer da calda de cimento é fundamental para uma injeção homogénea. Para se garantir uma adequada injeção deverá procurar-se reduzir ao mínimo a densidade das lamas de estabilização, embora nem sempre seja possível sob pena de colapso das paredes do furo. Haverá nestes casos que controlar a densidade e viscosidade da calda de injeção através da adição de adjuvantes para redução da densidade da calda. Nalguns casos opta-se pela injeção de uma pequena quantidade de água antes da injeção da calda de cimento de modo a promover a mobilização das lamas mas evitando o contacto directo daquelas com a calda de cimento.

Espaço anelar disponível

Um outro factor a ter em conta na cimentação relaciona-se com largura disponível, ou de trabalho, do espaço anelar que se pretende injectar. A largura do espaço anelar constitui um condicionamento à introdução de tubagens de injeção. Se o espaço anelar for diminuto, o diâmetro das tubagens terá de ser reduzido tornando-se difícil a injeção de caldas densas ou viscosas neste caso. Assim, haverá que ter em consideração o diâmetro interno das tubagens de injeção disponíveis ou de possível utilização, o qual varia em geral entre 1"1/2 até 3/4", de modo a garantir um adequado fluxo de injeção no tempo disponível para a mesma antes do início da presa da calda.

Caso o espaço anelar seja muito diminuto poderá, em certas situações, proceder-se a injeções em contrapressão, tal como adiante se descreve.

Sectores instabilizados das paredes do furo

Caso se proceda à injeção de zonas instabilizadas das paredes do furo durante o avanço da fase de perfuração poderá ser aplicado como adjuvante sulfato de cálcio para aumentar a resistência final após a cura, assim como aceleradores de presa.

Tipos de tubagens de revestimento definitivo ou intercalar

A necessidade de aplicação de aceleradores de presa deverá ser bem ponderada pois por vezes o recurso a este tipo de adjuvantes poderá comprometer a qualidade e integridade das tubagens de revestimento finais aplicadas na captação.

Os aceleradores de presa são muito agressivos para as tubagens em aço inóx, promovendo a sua corrosão.

A aplicação de aceleradores de presa implica um aumento da temperatura da reacção de cura, situação que pode conduzir à deformação e colapso de tubagens em PVC em determinados cenários, em particular quando a extensão de injeção é elevada e o espaço anelar do sector injectado é largo.

- Profundidade da zona a injectar

A complexidade de uma operação de injeção aumenta com a profundidade de injeção. Nas injeções a grande profundidade a calda de cimento demorará mais tempo a percorrer a totalidade das tubagens pelo que será, eventualmente oportuno a aplicação de um retardador de presa.

- Equipamentos de injeção a utilizar

A preparação de forma adequada da calda de cimento numa central apropriada para o efeito é determinante para se obter o produto a injectar com uma boa mistura entre a água, o cimento, e os eventuais adjuvantes, em termos de velocidade de rotação da mistura e de acumulação da preparação.

Por outro lado as características e dimensão das cubas de preparação deverão ser adequadas para a amassadura, em tempo útil, dos volumes previstos a injectar.

O cálculo prévio dos volumes de calda a injectar é essencial pois para grandes volumes de injeção deverá recorrer-se ao fornecimento da calda a partir de centrais de betão e o seu transporte deverá ser realizado em camiões betoneira. A central de produção deverá ser informada de forma detalhada das características com que a calda deverá ser fornecida em obra. Nestes casos torna-se essencial que o Empreiteiro, o Dono da Obra e a Fiscalização procedam à recolha de testemunhos e executem os ensaios de verificação da viscosidade e densidade antes da injeção da calda no furo.

As bombas de injeção disponíveis em obra devem ser as apropriadas para a injeção de calda de cimento tanto em termos de caudal debitado como de pressões de injeção garantidas. Para injeções a pequena profundidade sem a existência de contra-pressões, as bombas poderão atingir apenas baixas pressões para mobilizar a calda. No entanto, no caso de injeções a grande profundidade, ou em contra-pressão deverá recorrer-se a bombas de elevado débito, que permitam atingir pressões de injeção elevadas. O cálculo destas pressões deverá ser realizado antes do início destes trabalhos sob pena de não se conseguir empreender a injeção com sucesso.

Só com os equipamentos adequados e convenientemente dimensionados para as necessidades da obra é que se conseguirá obter bons resultados.

- Formação e experiência da equipa responsável pela injeção

Os elementos da equipa responsável pela injeção devem ter formação adequada e possuir experiência nas funções que desempenham. A falta de conhecimentos e de experiência de apenas um dos elementos da equipa poderá comprometer toda a operação devido a iniciativas inadequadas, resposta tardia, ou omissão dos procedimentos previstos por desconhecimento, entre outros aspectos. Convém salientar que, tratando-se de uma operação que é em grande parte condicionada pelo tempo, decorrente do tempo de presa

da calda, a rapidez e precisão das operações são determinantes para a boa execução dos trabalhos.

Além da experiência e formação da equipa, o responsável pela supervisão dos trabalhos, pela formulação da calda de cimento, pela selecção dos materiais e pelo controlo de qualidade da calda deverá obrigatoriamente possuir reconhecida experiência e formação neste tipo de trabalhos, e estar presente na obra na altura da execução da injeção.

7.3.2.3.5 – Preparação da calda de cimento

Os ingredientes básicos da calda de cimento são o cimento Portland tipo CEM I em acordo com a *NP EN 197-1* e, de preferência, água da rede de abastecimento público. Poderão ser adicionados, ou não, adjuvantes. O doseamento dos vários componentes deverá previamente ser âmbito de análise e, eventualmente, de testes de controlo de qualidade, de modo a adaptar a composição final da calda às condições e características do sector a injectar.

A calda de cimento poderá ser preparada numa mini-central quando as quantidade de calda a injectar são relativamente reduzidas, até cerca de 2 m³.

Caso o volume de calda a injectar seja elevado torna-se necessário, tal como se referiu anteriormente, recorrer à sua produção em central de betão e ao seu transporte para a obra.

Quando a calda é preparada em obra deverá ser produzida numa pequena central de produção com duas cubas de mistura. A primeira cuba de mistura deverá ser de alta velocidade de rotação ou turbo-misturadora que permita atingir elevadas rotações, da ordem de 1500 a 3000 r.p.m.. Esta primeira cuba de elevada velocidade de rotação tem por objectivo garantir uma adequada mistura e homogeneização dos componentes. A segunda cuba deverá permitir a acumulação da calda preparada, desenvolvendo uma rotação mais suave apenas para manter a homogeneização. A constante agitação da calda visa retardar o início da fase de presa.



A preparação da calda, também designada por fase de amassadura, consiste na introdução do volume de água na quantidade pré-determinada no interior da primeira cuba, procedendo-se em seguida à introdução do cimento também na proporção desejada e, por fim, caso seja necessário, do adjuvante, ou dos adjuvantes, também nas quantidades pretendidas.



Introdução da água na cuba de mistura de alta rotação.



Introdução do cimento na cuba de mistura de alta rotação.



Mistura da água e do cimento na cuba de alta rotação.



Acumulação da calda na cuba de baixa rotação.

Principais fases de produção da calda de cimento na central

Deverá retirar-se um pequeno volume da calda de cimento preparada para controlo da densidade, da viscosidade, do tempo de cura, da expansibilidade e da exsudação, seguindo os critérios estabelecidos na norma *NP EN 447 (2000)*.

7.3.2.3.6 – Bombas de injeção

As bombas a utilizar na injeção da calda de cimento podem ser de diferentes tipos consoante os cenários e características do sector a injectar. Além da pressão de injeção a bomba deverá garantir um débito tal que permita a injeção do volume total de calda previsto, antes de se iniciar a presa da mesma.

A pressão de injeção deverá ser rigorosamente controlada para evitar a génese de pressões excessivas e fenómenos de fracturação hidráulica no maciço envolvente, em especial nas situações em que se proceda a injeção em contra-pressão.

Para injeção de grandes volumes a baixa pressão poderá recorrer-se a Bombas Centrífugas se os débitos necessários forem da ordem de 10 a 50 m³/h, ou as Bombas Parafuso se os débitos forem de 10 a 20 m³/h.

A injeção de pequenos volumes de calda a baixas pressões poderá ser realizada também com bomba Parafuso, numa versão mais ligeira, que garante débitos da ordem de 0,1 a 1 m³/h.

No caso de se proceder a injeções sob pressão deverá utilizar-se uma Bomba de Pressão ou de Pistão, cuja gama de pressões em geral varia entre 0,5 a 10 Mpa, ou mesmo mais, com débitos de 0,1 a 1,5 m³/h.

No caso de injeção de argamassas de areia fina ou caldas de silicatos deverá recorrer-se ao uso de Bomba Padrão para injeção a pressão controlada.

A mangueira entre a bomba de injeção e as varas de injeção deverá possuir a resistência compatível com as pressões a aplicar e as características de resistência abrasivas à calda de cimento a injectar.

7.3.2.3.7 – Vantagens

A sua resistência e adesividade após algum tempo de cura permite a realização de isolamentos mais eficazes do que os efectuados apenas com argilas expansivas.

Permite uma adequada fixação das tubagens de isolamento intercalares e da tubagem de revestimento definitiva.

Permite uma maior protecção das tubagens de isolamento intercalares e da tubagem de revestimento definitiva em relação aos materiais envolventes.

Permitem um maior controlo da densidade e viscosidade da calda através da adição de adjuvantes.

Desde que aplicadas de forma adequada permitem um adequado controlo e isolamento de fenómenos de artesianismo repuxante

Permite o isolamento de níveis com gradientes hidráulicos distintos.

Permite a consolidação de sectores perfurados do furo com paredes instáveis, durante a fase de perfuração através da cimentação e posterior reperfuração.

Permitem o isolamento do afluxo de determinados níveis de água durante a fase de perfuração através de injeções e reperfurações, por vezes sucessivas, dependendo contudo das pressões hidráulicas associadas aos níveis a isolar. Nalguns casos torna-se necessário proceder a este tipo de operações em contrapressão, com injeção de calda sob pressão e à utilização de obturadores.

7.3.2.3.8 – Desvantagens

A sua aplicação no isolamento de tubagens de revestimento em PVC pode conduzir à deformação das tubagens por efeito do aquecimento que ocorre durante o período de cura da calda de cimento. Este aquecimento pode levar ao estrangulamento da tubagem ou mesmo à sua completa deformação, dependendo este fenómeno da espessura da tubagem, da espessura do espaço anelar e da altura da coluna de calda injectada. Uma tubagem pouco espessa poderá

ser deformada pelo aquecimento durante a cura. Um espaço anelar largo permite um maior aquecimento da calda devido à maior quantidade de calda junto à tubagem. Quanto maior for a altura da coluna de calda injectada maior será a pressão da calda sobre a parede da tubagem, concorrendo para a deformação da mesma. A aplicação de calda de cimento a tubagens de PVC, deverá ser realizada de forma cuidada, seleccionando-se tubagens resistentes e espessas, espaços anelares não muito extensos e realizando a injeção por pequenos trechos lineares para evitar sobrecargas excessivas sobre a tubagem e a consequente exsudação excessiva da água da calda.

Em furos realizados com lamas de estabilização como fluido de circulação poderá não se conseguir uma adequada selagem do espaço anelar se existir uma diferença assinalável de viscosidade entre as lamas de estabilização e a calda de cimento. A diferença de viscosidades entre os dois fluidos, a lama e a calda de cimento, poderá originar a interpenetração entre os dois fluidos, não se conseguindo a expulsão total das lamas, nem uma ocupação homogénea da calda de cimento no espaço anelar, resultando uma mistura de lamas e cimento e um muito deficiente efeito do isolamento pretendido. Por este motivo, o controlo das viscosidades dos dois fluidos é determinante para uma boa execução do isolamento.

Não é possível proceder à injeção de grandes extensões lineares verticais do espaço anelar sob pena de ocorrer exsudação da água da calda. Por este motivo, as cimentações, devem ser sempre realizadas em extensões lineares limitadas a 15 m a 20 m, para garantir uma adequada cura e evitarem-se fenómenos de exsudação. Esta limitação implica, contudo, tempos de execução mais prolongados, devido não só às várias fases de injeção que se torna necessário executar, como também aos tempos de espera entre cada fase, tornando as injeções, por vezes, bastante onerosas.

7.3.2.4 – Argamassas de betão

Poderá recorrer-se à introdução de argamassa ou de betão no interior de um furo, durante a fase de perfuração, para colmatação de grandes cavidades, que não se pretende aproveitar ou explorar.

Os trabalhos de perfuração são suspensos e retirada a ferramenta de perfuração e as varas.

A produção da argamassa ou do betão poderá ser realizada no local da obra com recurso a uma betoneira. No caso de se tratarem de volumes elevados poderá verificar-se a necessidade de aquisição a uma central de betão, mediante fornecimento em camiões betoneira.

O enchimento é realizado com a injeção da argamassa de betão através de varas de diâmetro largo no sector a colmatar.

Após a introdução da argamassa ou do betão deverá aguardar-se um período de cerca de 18 a 24 horas.

A reperfuração da argamassa de betão deverá ser realizada de forma cuidadosa, a baixa rotação e reduzida pressão sobre a ferramenta de corte, com os métodos de rotação simples ou rotação com tricónculo. Não se deverá aplicar martelo de fundo furo na reperfuração sob pena de fissuração e instabilização do sector tratado.

7.4 – Tubagens de isolamentos intercalares

7.4.1 – Aspectos gerais

Durante a fase de perfuração pode verificar-se a necessidade de ter de se proceder a isolamentos no maciço com recurso a tubagens de isolamento complementadas com a aplicação de selantes no espaço anelar entre estas e o maciço envolvente. Estes isolamentos relacionam-se em geral com a necessidade de estabilização das paredes do furo, de sectores em que se verifiquem perdas acentuadas de fluído de circulação e, muito frequentemente, com o isolamentos de níveis aquíferos que não se pretendem captar.

As tubagens de isolamento aplicadas neste tipo de operações são, normalmente em ferro, também designado por aço macio preto. Nalgumas situações poderá recorrer-se a tubagens em PVC. A utilização das tubagens plásticas tem, contudo, vários condicionamentos devido à sua potencial deformação durante as cimentações, pelo que se dá prevalência à aplicação das tubagens em ferro nestes isolamentos intercalares. Além disso, as tubagens em PVC apresentam maior espessura o que implica perda de diâmetro útil no final da operação.

A espessura e resistência das tubagens em ferro deverão ser seleccionadas em função da profundidade que atinjam.

A união entre segmentos de tubagens metálicas de isolamento poderá ser por uniões roscadas ou por soldadura. Considera-se preferível a soldadura às uniões roscadas pois estas garantem uma maior estanquidade na ligação.

As soldaduras entre segmentos de tubagens em ferro devem ser realizadas pelo método tradicional de soldadura com eléctrodo revestido (SER), por arco eléctrico, em que não se aplica qualquer tipo de gás de protecção.

A execução das soldaduras deve ser realizada por pessoal especializado. O cordão de soldadura deverá ser realizado de forma regular e contínua ao longo do contacto entre as duas tubagens garantido a sua total ligação e estanquidade. Estas soldaduras têm de ser realizadas com as tubagens na vertical, em que a tubagem inferior se encontra introduzida no interior do furo, na sua quase totalidade. Antes da soldadura das duas tubagens deverá proceder-se ao seu perfeito alinhamento conjunto e verticalização.

Deverão ser sempre aplicados centralizadores nas tubagem de isolamento intercalar para permitir que a calda de cimento envolva, de forma homogénea e contínua, a toda a parte exterior da tubagem, evitando que esta fique encostada à parede do furo e não seja revestida e isolada pela calda.

Entre as tubagens de isolamento distinguem-se:

- tubo guia – aplicado no início dos trabalhos no troço inicial perfurado;
- tubagens intercalares de isolamento – aplicados ao longo dos trabalhos da fase de perfuração.

A tubagem de encamisamento final não se inclui nestes tipos de tubagens, atendendo às suas características específicas, sendo abordada mais adiante.

7.4.2 – Tubo guia

A aplicação do designado tubo guia tem lugar numa fase muito inicial dos trabalhos, no topo da perfuração, realizada com o diâmetro mais largo, em que é introduzido um tubo de aço preto macio, ou de PVC rígido, para encaminhamento preferencial das águas ou lamas na zona da boca do furo. A extensão do tubo guia situa-se habitualmente entre os 3 m a 10 m, não existindo qualquer regra, dependendo a sua extensão do grau de coesão e consistência dos terrenos atravessados na zona mais superficial, podendo mesmo atingir maiores profundidades. Em muitos casos, quando a instalação desta tubagem não é realizada de forma conveniente e com a profundidade adequada, verifica-se a passagem da água entre o tubo guia e o terreno, dando lugar a escavação, por erosão hidráulica, dos terrenos em torno da cabeça do furo originando cavidades significativas que, em muitos casos levam à urgente remoção da sonda do local, ou mesmo ao seu desnivelamento e quebra de varas, com atrasos significativos dos trabalhos. Em última instância poderá verificar-se a interrupção dos trabalhos e o recomeço do furo imediações. Esta situação, de todo indesejável, é mais frequente do que o que seria desejado. Resulta na maioria dos casos da inadequada instalação do tubo guia, por se pretender ganhar tempo. Para se evitar estes cenários o tubo guia deve ser instalado até uma profundidade suficiente, em que as formações perfuradas se revelem consistentes e, ser cimentado ao terreno, na sua totalidade, em vez de cravado. Trata-se de uma opção que depende obviamente das formações em questão, mas que em grande parte dos casos em que o horizonte mais superficial é constituído por materiais muito brandos, soltos, muito pouco coesos, é de implementar esta situação, pois trata-se de um procedimento que causa menores transtornos e atrasos do que os insucessos provocados pela simples cravação de um tubo guia curto. Salienta-se o facto de que se deverá aguardar o tempo necessário de cura da calda de cimento, de pelo menos 18 horas, para que haja presa suficiente do cimento para garantir a fixação do tubo ao terreno e evitar a penetração da água entre o tubo guia e o terreno, numa fase posterior. A relação de água cimento deverá ser determinada em função do tipo de terreno perfurado. Após a presa deverá proceder-se à perfuração lenta do cimento remanescente no interior do tubo guia, com o método de rotação simples ou rotação com bite de roletes.

A adequada selagem de um tubo guia metálico ao terreno é fundamental no caso de se vir a intersectar, em profundidade, um nível aquífero com artesianismo repuxante intenso. Através da instalação de um anel em gola em torno do topo do tubo guia será possível tapar o furo, medir a pressão hidrostática do nível aquífero, controlar de forma adequada o artesianismo durante a fase de construção, e poder realizar trabalhos de injeções de calda de cimento ou a introdução do maciço drenante em contrapressão, mantendo o furo fechado.

O diâmetro de furação da zona do tubo guia e do próprio tubo guia deverá ser o máximo possível de modo a salvaguardar a eventual necessidade de reduções de diâmetro em profundidade motivadas por problemas de instabilização e encamisamentos intercalares.

Após a instalação do tubo guia e a reperfuração do cimento, deverá prosseguir-se a perfuração com o método de furação mais adequado para as formações em questão.

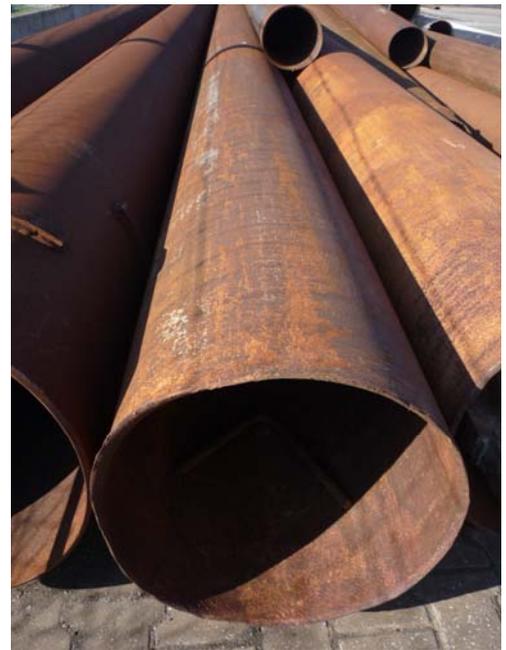
7.4.3 – Tipos de tubagens de isolamentos intercalares

Dependendo sempre das condições geológicas e hidrogeológicas, assim como das características geométricas e profundidade do aquífero a captar, poderá considera-se vantajoso proceder ao isolamento de sectores específicos no decurso da perfuração, através da instalação de uma tubagem de isolamento, cimentada ao terreno, para o isolamento de níveis aquíferos que não se pretendam captar, ou para aumentar a protecção contra níveis de água contaminadas. Este revestimento será sempre opcional, tendo em conta que a sua aplicação torna a obra mais dispendiosa pois implica a realização de diâmetros inicialmente maiores, e gastos suplementares em tubagem e em cimentação. No entanto, constitui um reforço, frequentemente precioso para o

isolamento de níveis aquíferos indesejados. Recomendando-se a sua aplicação quando se prevê que o isolamento ou selagem da tubagem de revestimento final será de difícil realização.



Tubagem em ferro com topo roscado



Tubagem em ferro simples

Estes isolamentos com tubagens intercalares cimentadas contra o maciço envolvente são também realizadas quando se pretende uma melhor identificação da posição do nível aquífero a captar, sendo aplicadas de modo a isolar os aquíferos situados acima da posição espectável do aquífero de água mineral.

Quando se pesquisa um nível aquífero específico cuja água apresenta uma composição química singular, torna-se essencial isolar os níveis aquíferos distintos situados acima do pretendido por forma evitar a mistura de águas no decurso da perfuração o que dificulta a identificação da posição exacta do topo e da base do aquífero de água mineral, que se pretende captar isoladamente. Aquele tipo de isolamento evita a mistura de águas entre os diversos aquíferos intersectados, frequentemente com gradientes hidráulicos distintos, contribuindo para a identificação exacta dos limites do aquífero que se pretende captar isoladamente.

As profundidades de aplicação destes isolamentos com tubagens intercalares pode ser muito variável, dependendo das formações geológicas presentes e da posição quer dos níveis aquíferos superiores a isolar, quer da profundidade do nível aquífero específico que se pretende captar. A decisão sobre a sua extensão deverá ser fundamentada no modelo hidrogeológico interpretativo local, no projecto da captação e nos resultados dos vários parâmetros obtidos no decurso da perfuração.

Tal como se referiu anteriormente a ligação entre os segmentos das tubagens deverá ser por meio de soldaduras.

7.5 – Injecções

7.5.1 – Considerações gerais

A execução de uma injeção de calda de cimento é uma operação delicada que deve ser preparada detalhadamente com antecipação.

Uma execução desadequada poderá comprometer toda a operação de injeção, saldando-se, por exemplo, na solidificação da calda ainda dentro das tubagens de injeção, da bomba injectora ou nas cubas da central de preparação da calda. Por outro lado, o doseamento desadequado dos componentes para a situação específica poderá também inviabilizar a injeção. A insuficiente pressão das bombas de injeção poderá inviabilizar a operação. São inúmeros os factores envolvidos que podem contribuir para o insucesso de uma injeção, por vezes com consequências incontornáveis.

As operações de cada fase de injeção devem ser registadas nas partes diárias incluindo os volumes de injeção, as profundidades injectadas, os sectores injectados, as proporções de água, cimento e tipos e quantidades de adjuvantes, os tipos de equipamentos, mangueiras e varas, as pressões aplicadas, as metodologias de injeção implementadas, e os níveis atingidos pelo topo da calda em cada fase de injeção, entre outros aspectos.

7.5.2 – Tipos de injeções

7.5.2.1 – Principais metodologias

Podem-se distinguir os seguintes tipos de injeções:

- injeção simples de avanço, com reperfuração
- injeção do pé ou base da perfuração
- injeção anelar directa
- injeção central com ascensão anelar

7.5.2.2 – Injeção simples de avanço, com reperfuração

Estes isolamentos são realizados devido à necessidade de estabilização de determinados sectores das paredes dos furos, que possam comprometer o avanço seguro da perfuração, ou também devido à presença de cavidades de dimensão elevada, acima do nível freático ou, no caso de submersas, em que o seu aproveitamento não se justifica, e que implicam grandes perdas de fluido de circulação, facto que pode comprometer a segurança da progressão da perfuração devido à ausência de retorno do fluido de circulação.

Tratam-se de isolamentos sem a aplicação de tubagens de revestimento intercalares.

A calda de cimento ou, nalguns casos de zonas carsificadas, a argamassa de betão, é introduzida no interior do furo até preencher o sector instável, ou com cavidades, ou em que se verifiquem elevadas perdas do fluido de circulação. O preenchimento deverá ser acompanhado pela verificação, com uma sonda de peso, da posição do topo da calda ou da argamassa, avaliando o seu abaixamento após a injeção com o volume previsto.

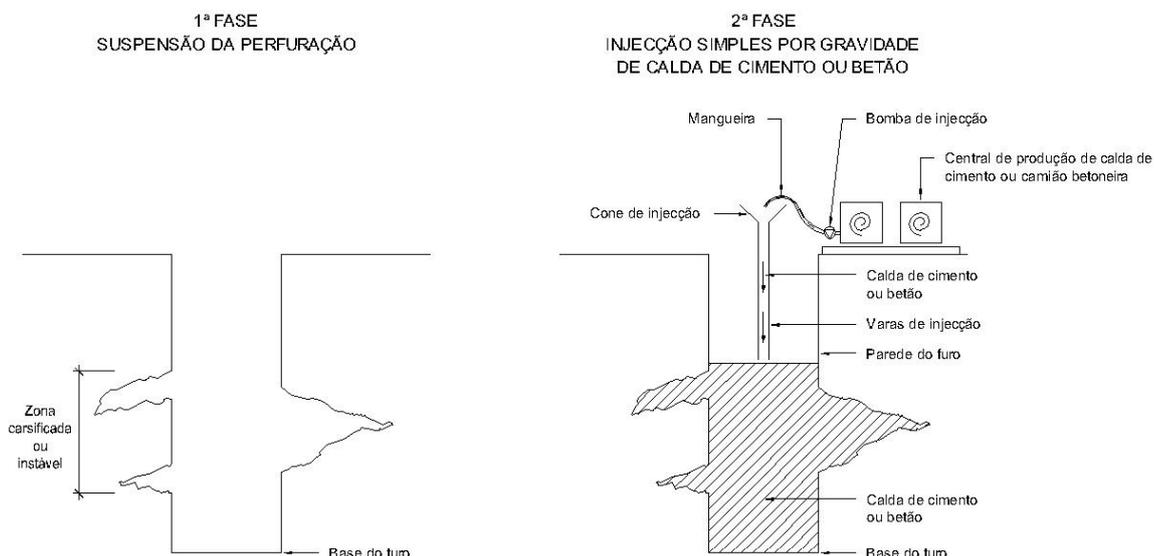
As varas de injeção devem ser removidas de imediato após a conclusão dos trabalhos de injeção e limpas com água para evitar a solidificação de calda, ou argamassas, no seu interior.

Todo o equipamento de injeção deverá ser imediatamente limpo com água após cada operação de injeção.

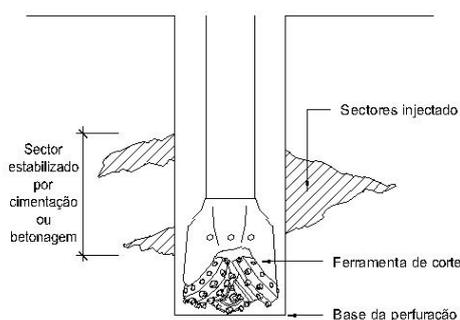
Caso se verifique apreciável abaixamento do topo da calda de cimento, ou da argamassa de betão, deverá proceder-se a nova injeção com uma calda, ou argamassa, mais viscosas. Deverá respeitar-se o período de cura entre as sucessivas injeções. Quando o troço em questão ficar completamente preenchido com calda, ou argamassa, até ao nível superior pretendido, deverá aguardar-se novo período de cura, e só em seguida prosseguir com a perfuração à rotação, com baixa rotação e reduzida pressão. Caso verifique a persistência de perdas do fluido de circulação ou instabilização do sector injectado deverá proceder-se a nova injeção do mesmo com calda um pouco mais fluída para colmatar eventuais pequenas cavidades, fracturas ou fissuras que não tenham sido injectadas nas fases anteriores.

Esta técnica de injeção descrita só poderá ser aplicada convenientemente caso não se verifique artesianismo repuxante à boca do furo.

CIMENTAÇÃO OU BETONAGEM PARA AVANÇO DA PERFURAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DAS PAREDES DO FURO



3ª FASE
REPERFURAÇÃO DA CIMENTAÇÃO OU BETONAGEM



7.5.2.3 – Selagem do pé ou base da perfuração

Quando a perfuração ultrapassa a base do nível aquífero que se pretende captar, atingindo outro nível aquífero com um perfil hidroquímico distinto, torna-se necessário proceder ao isolamento do referido nível aquífero inferior mediante a execução de uma selagem com calda de cimento abaixo da base do aquífero que se pretende explorar.

Desde que não se verifique uma acentuada diferença dos gradientes hidráulicos entre os dois aquíferos poderá proceder-se à selagem do sector inferior da captação com recurso a uma selagem por gravidade directamente pelo interior do sector perfurado.

Neste caso, após a remoção das ferramentas de perfuração do interior do furo procede-se à descida das varas de injeção até ao topo da zona a injectar correspondente ao aquífero a isolar, acrescido de uma extensão linear de segurança.

Após a preparação da calda deverá prosseguir-se com uma injeção rápida cumprindo a volumetria pré-calculada. No caso de se verificar alguma diferença de gradientes haverá, eventualmente, que optar por uma calda mais densa e viscosa de modo a garantir a colmatação da base de forma adequada.

As varas de injeção devem ser removidas imediatamente após cada injeção, e limpas com água para evitar a solidificação de calda no seu interior. Todo o equipamento de injeção deverá ser imediatamente limpo com água após a operação de injeção.

Após a injeção deverá proceder-se à verificação, com uma sonda de peso, da posição do topo da calda. Caso se verifique um abaixamento significativo da calda deverá proceder-se a nova operação de injeção, seguindo os mesmos procedimentos.

Esta técnica de injeção descrita só poderá ser aplicada convenientemente caso não se verifique artesianismo repuxante à boca do furo.

Caso se constate um acentuado gradiente hidráulico que impeça a injeção por gravidade, daquele sector da base do furo, torna-se necessário colocar um obturador simples alguns metros acima do topo do nível superior do sector a selar.

Um obturador duplo consiste numa câmara cilíndrica em borracha, que envolve um tubo metálico. A câmara cilíndrica em borracha pode ser expandida, ou alargada, mediante a introdução de ar ou água, sob pressão, no seu interior, podendo atingir pressões elevadas.

A tubagem onde a borracha se encontra fixa permite a ligação à base do trem de varas de injeção da calda de cimento, o que permite a passagem da calda ou de água pelo interior daquela tubagem, uma vez que a outra extremidade se encontra aberta.

As características dos obturadores variam em termos de extensão do corpo câmara de borracha, do seu diâmetro inicial e máximo de expansão e da pressão máxima permitida quer a nível interior quer a nível exterior, informações que constam nas fichas técnicas dos fabricantes. Assim, deverá verificar-se se as características do obturador a utilizar numa operação específica são compatíveis em termos de diâmetros, extensão e pressões em questão.

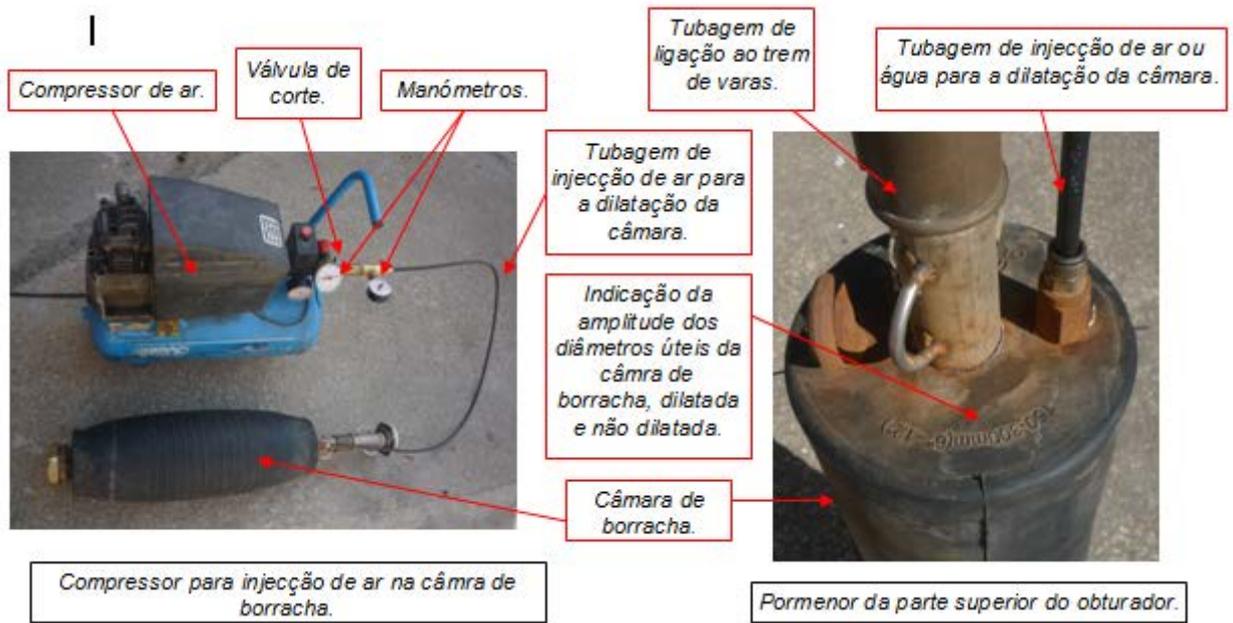
O enchimento da câmara de borracha pode ser realizado com ar ou com água através de mangueiras próprias ligadas à superfície. A injeção de ar ou de água para o interior das borrachas é garantida à superfície através de uma por bomba de água ou de um compressor de ar. Um manómetro à superfície, ligado à tubagem de injeção do ar ou da água, permite medir a pressão no interior da câmara de borracha. A borracha do obturador, quando expandida, ocupa o

espaço entre a parede da tubagem de revestimento intercalar e a tubagem a que se encontra ligada, acoplada ao trem de injeção. A pressão da borracha do obturador, controlada através do manómetro à superfície, deverá ser superior à pressão exercida pela coluna de calda de cimento quando esta atinge a superfície do terreno. Uma vez atingida a pressão desejada a válvula deste circuito deverá ser mantida fechada.

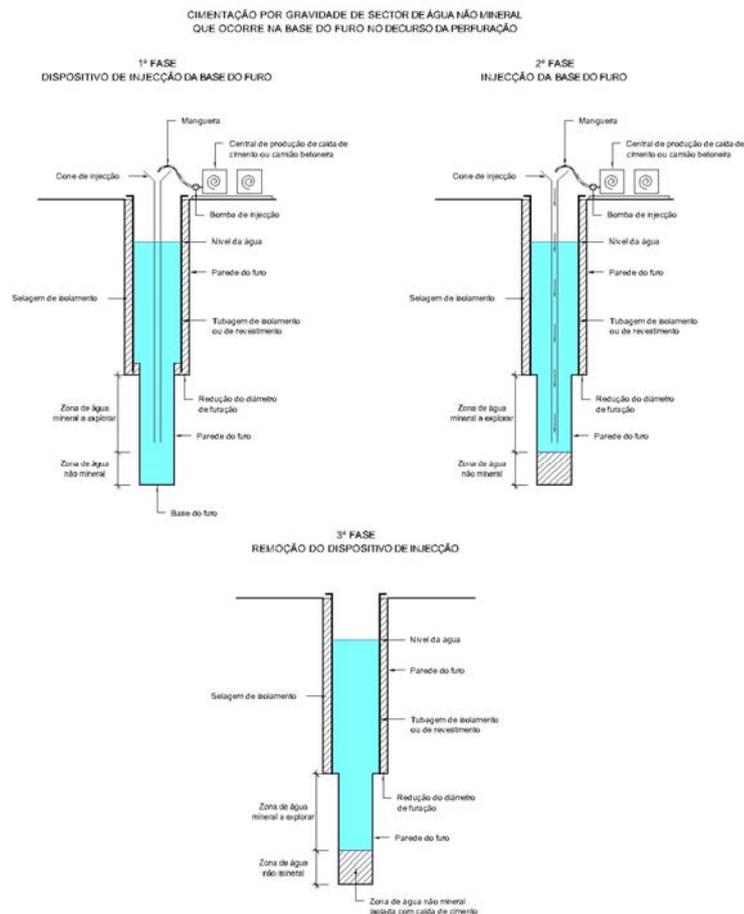
Após a insuflação do obturador simples, com ar ou com água, deverá proceder-se à injeção do volume de calda de cimento previamente calculado, em contrapressão, isto é, com uma pressão superior à pressão hidrostática do aquífero inferior que se pretende isolar. Após a injeção do volume de calda pré-definido, a válvula de injeção da calda de cimento deverá ser fechada, procedendo de imediato à injeção de um volume de água de modo a criar uma interface de água entre o obturador e a calda de cimento anteriormente injectada, fechando-se de imediato a válvula de injeção da água de forma a garantir que todo o sistema permaneça com a pressão hidrostática do aquífero inferior.

Neste caso, só os equipamentos de injeção à superfície, como as mangueiras, bombas de injeção e central de produção da calda de cimento, é que deverão de imediato, ser limpas com água. As varas remanescentes no interior do furo terão de aí permanecer durante a fase inicial da cura da calda de cimento injectada.





Só após se cumprir o período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, é que o obturador simples e o trem de varas de injeção poderão ser removidos. A posição do topo da calda de cimento injectada deverá ser aferida com uma sonda de peso. Caso o topo da calda solidificada coincida com a posição esperada, os trabalhos de injeção deverão ser dados como concluídos. Caso contrário toda a operação terá de ser repetida.



7.5.2.4 – Injecção anelar directa

Trata-se da injecção do espaço anelar com recurso a varas de injecção. Este procedimento pode ser realizado durante a fase de avanço para selagem de tubagens de isolamento intercalar, ou na fase final da construção da captação para o isolamento final com calda de cimento do sector acima do maciço drenante.

Nestes casos o espaço anelar remanescente deverá ser suficiente para permitir uma adequada introdução das varas de injecção.

No caso da selagem de uma tubagem de isolamento durante a fase de avanço da perfuração deverá proceder-se à remoção das varas e da ferramenta de corte do interior do furo, e à colocação da tubagem de isolamento intercalar no interior do furo procedendo-se à soldadura dos vários segmentos de tubagens.

Deverão ser instalados centralizadores ao longo da tubagem de revestimento para evitar que a mesma fique encostada às paredes do furo e seja completamente envolvida pela calda de cimento.

Uma vez introduzida a tubagem de isolamento intercalar até á base do furo são, em seguida, descidas as varas de injecção, pelo interior da tubagem de revestimento, até a sua base ficar a cerca de dois metros da base do furo. Os trabalhos prosseguem com a preparação da calda de cimento e a injecção de um volume da mesma que permita a o preenchimento de cerca de um metro de altura acima da base do furo, e do pé da tubagem de revestimento intercalar, incluindo o espaço anelar em simultâneo. Após a injecção da calda deverá ser vertida água pelo interior da tubagem de injecção da calda de cimento para mobilizar a calda que subsista no interior das varas. A posição do topo da calda de cimento deverá ser aferida com uma sonda de peso. As varas de injecção são removidas do interior do furo. Aguarda-se o período de cura inicial, correspondendo a cerca de 12 horas a 18 horas. Verificar, de novo, a posição do topo da calda de cimento no interior do furo. Caso não haja abaixamento significativo prossegue-se com os trabalhos. Introduzem-se as varas de injecção através do espaço anelar, entre a parede do furo e a tubagem de isolamento intercalar, até cerca de um metro do topo da calda previamente injectada na fase anterior. Entretanto, procede-se à preparação da calda de cimento no local da obra, ou à recepção da mesma de camião betoneira, caso seja preparada em central industrial. Injecta-se a calda de cimento através da tubagem de injecção, de modo a que a mesma atinja a base do espaço anelar e ascenda até à superfície, ou atinja determinada profundidade, caso não se disponha da quantidade de calda suficiente, ou se verifiquem efeitos de exsudação acentuados nos ensaios da calda, entre outros aspectos. Neste último cenário deverá proceder-se a nova injecção do espaço anelar após se cumprir o período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas.

As varas de injecção devem ser removidas imediatamente após cada injecção e limpas com água para evitar a solidificação de calda no seu interior. Todo o equipamento de injecção deverá ser imediatamente limpo com água após a operação de injecção.

Uma vez concluída a selagem do espaço anelar com calda de cimento deverá aguardar-se novo período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, e só em seguida prosseguir com a perfuração à rotação, com baixa rotação e reduzida pressão.

Deverá proceder-se à verificação da posição da calda de cimento no espaço anelar após o referido período de cura. Caso se verifique um abaixamento da calda no espaço anelar deverá realizar-se o preenchimento do mesmo com calda de cimento. Se o consumo de calda naquele espaço for elevado haverá que verificar se existe qualquer rotura na tubagem de revestimento através da realização de uma endoscopia.

A metodologia de injeção descrita, aplicável na fase de avanço da perfuração, só poderá ser executada caso não se verifique artesianismo repuxante à boca do furo.

O esquema com a sequência desta metodologia de injeção é apresentado mais adiante, para uma melhor percepção da sequência de operações.

A metodologia de injeção através do espaço anelar também é aplicada na fase final da construção da captação para o isolamento final da tubagem de revestimento definitiva, com calda de cimento, no sector acima do maciço drenante.

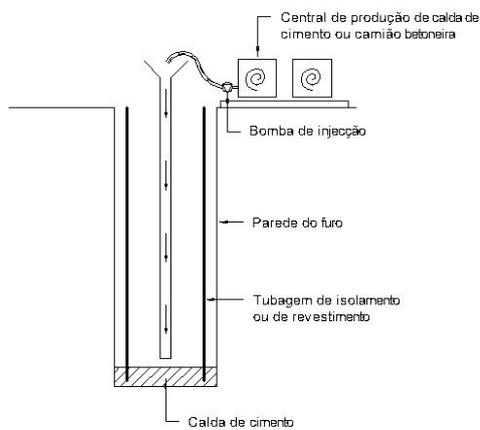
Sobre o topo do maciço drenante deverá ser aplicado um nível de areia fina com um a dois metros de extensão linear, para evitar a penetração da calda de cimento em profundidade, pelo interior do maciço drenante.

No caso da captação apresentar artesianismo repuxante à boca do furo, haverá que bombar o furo com um caudal mínimo que permita estabilizar o rebaixamento imediatamente abaixo do nível do terreno, para impedir o fluxo de água através do espaço anelar.

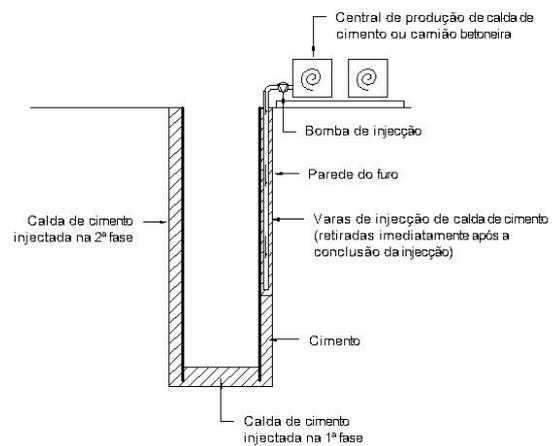
Recomenda-se que, além da aplicação da areia fina no topo do seixo do maciço drenante, seja realizado um pequeno selo de calda de cimento com uma extensão linear de cerca de, pelo menos um metro, sobre a areia, para garantir que a calda da injeção a realizar na fase subsequente não penetre através da areia fina. Para a execução deste selo de calda de cimento acima da areia fina deverá proceder-se à descida das varas de injeção no espaço anelar até que a base das mesmas fique a cerca de dois metros do topo da areia fina.

Deverá proceder-se à preparação da calda de cimento e à injeção de um volume da mesma que permita a o preenchimento de cerca de um metro de altura acima do topo da areia fina Após a injeção da calda de cimento deverá ser introduzida água pelo interior da tubagem de injeção da calda de cimento para mobilizar a calda que subsista no interior das varas. Deverá aferir-se a posição do topo da calda de cimento com uma sonda de peso. Em seguida deverá procede-se à remoção das varas de injeção do interior do furo.

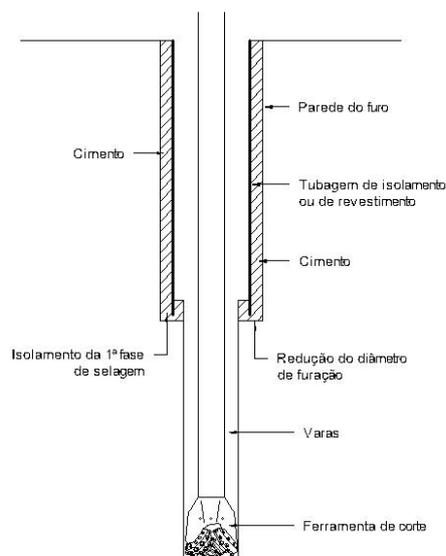
1ª FASE
Selo de cimento na base do furo



2ª FASE
Selagem do espaço anelar entre a parede do furo e a tubagem, da base para o topo, com vara de injeção (a execução da 2ª fase só deve ser realizada após um período de cura de pelo menos 18 horas após a conclusão da 1ª fase)



3ª FASE
Reperforação do selo de betão da base do furo e continuação da perfuração em profundidade



INJEÇÃO ASCENDENTE, DE CALDA DE CIMENTO, PELO ESPAÇO ANELAR DE UM TUBAGEM DE ISOLAMENTO OU DE REVESTIMENTO

Após a injeção deste selo de cimento com cerca de um metro linear, sobre a areia fina, deverá ser respeitado um período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, e só em seguida prosseguir-se com a injeção subsequente de calda de cimento. Todo o equipamento de injeção deverá ser imediatamente limpo com água após o final da operação de injeção.

A injeção subsequente deverá ser iniciada com a introdução das varas de injeção no espaço anelar, até cerca de um metro do topo da calda previamente injectada na fase anterior. Em seguida procede-se à injeção da calda de cimento, previamente preparada, de modo a que a mesma atinja a base do espaço anelar e ascenda à superfície, ou atinja determinada profundidade, caso não se disponha da quantidade de calda suficiente, se verificarem efeitos de exsudação acentuados nos ensaios da calda, ou a tubagem de revestimento seja em PVC, entre outros aspectos. Neste último cenário deverá proceder-se a nova injeção do espaço anelar

após se cumprir o período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, até se preencher todo o espaço anelar até à superfície, em sucessivas injeções semelhantes em termos de metodologia.

Caso a injeção descrita seja realizada num sector emerso do espaço anelar de uma tubagem de revestimento definitivo em PVC, recomenda-se a molhagem da parte interior da tubagem com água, eventualmente do próprio furo, sob a forma de repuxo, de modo que a água escorra ao longo da parede interna da tubagem emersa correspondente ao sector injectado na parte exterior, para garantir o arrefecimento do material em PVC da própria tubagem durante a fase de cura e endurecimento, em que ocorre o aquecimento da calda. O repuxo referido poderá ser conseguido com a perfuração, em vários sectores, da tubagem de adução ligada a uma bomba submersível instalada provisoriamente no furo, por exemplo. A escorrência da água ao longo da superfície interna da tubagem de revestimento contribuirá para o arrefecimento da mesma, isto se a temperatura da água do furo for baixa, caso contrário será preferível que o arrefecimento forçado da tubagem emersa seja conseguido com água da rede.

As varas de injeção deverão, tal como referido anteriormente, ser removidas imediatamente após cada injeção e limpas com água para evitar a solidificação de calda no seu interior. Todo o equipamento de injeção deverá também ser imediatamente limpo com água após cada operação de injeção.

7.5.2.5 – Injeção central com ascensão anelar

7.5.2.5.1 – Principais metodologias

Esta metodologia baseia-se na injeção da calda de cimento na base do interior da tubagem de revestimento provisório, e a sua ascensão no espaço anelar até à superfície, impedindo ao mesmo tempo o refluxo da calda para a parte superior do interior da tubagem de revestimento durante o período de cura. Para impedir aquele refluxo podem ser adoptados os seguintes métodos, dependendo das condições existentes, em função, essencialmente, da posição do nível da água no furo:

- com contrapressão à boca do furo;
- com contrapressão com obturador simples em profundidade;
- com cravação da tubagem de revestimento intercalar;
- com isolamento total da cabeça e contrapressão com água.

Os três primeiros métodos de injeção só poderão ser realizados caso não ocorra artesianismo repuxante com saída de água à boca do furo.

Procede-se, em seguida, à descrição das quatro metodologias de injeção.

7.5.2.5.2 – Com contrapressão à boca do furo

Esta metodologia só é viável se o nível da água se encontrar próximo da superfície, uma vez que a calda terá de ser empurrada no espaço anelar até à superfície com recurso à injeção de água sob pressão. Se o volume de água a injectar no interior do furo, após a injeção da calda de cimento, for muito elevado, o tempo de injeção da água poderá também ser elevado, podendo ultrapassar o tempo do início da cura da calda de cimento, o que dificultará, ou mesmo inviabilizará, a sua ascensão até à superfície. Assim, a injeção da água deverá ser realizada de forma rápida antes do início da cura, pelo que o volume a injectar não poderá ser muito elevado,

razão pela qual esta metodologia só deverá ser aplicada num furo em que o nível da água no seu interior esteja relativamente próximo da boca da captação.

Após a introdução das tubagens de revestimento intercalar até à base da zona perfurada, e a execução das respectivas soldaduras, deverá proceder-se à colocação de uma flange no topo daquela tubagem de revestimento.

A base da tubagem de revestimento deverá possuir alguns rasgos para facilitar a passagem da calda de cimento do seu interior para o espaço anelar adjacente.

Deverão ser instalados centralizadores ao longo da tubagem de revestimento para evitar que a mesma fique encostada às paredes do furo e seja completamente envolvida pela calda de cimento.

Deverá previamente ser calculado o volume de calda necessária para preencher o espaço anelar, entre a parede do furo e a tubagem metálica, até à superfície, garantindo sempre um remanescente na base do interior da tubagem de cerca de um metro a meio metro, dependendo da profundidade a que se situa a base da tubagem. Deverá também, antecipadamente à injeção, calcular-se a altura, acima da base da zona perfurada, que a calda atingirá quando acumulada apenas na base do furo, considerando também neste cálculo, para além do espaço no interior do furo, o espaço anelar adjacente àquele.

As varas de injeção da calda de cimento deverão ser descidas até que a base do trem de varas fique cerca de dois a três metros acima da profundidade calculada que a calda atingirá quando acumulada apenas na base do furo, numa primeira fase de injeção.

O topo do trem de varas de injeção deverá ser conectado a um pequeno troço de tubagem da tampa da tubagem de revestimento.

A tubagem de revestimento intercalar deverá ser tapada com uma tampa metálica, aparafusada à flange do topo, inserindo-se uma junta de borracha entre aquelas duas peças, de modo a vedar, de forma totalmente estanque, a cabeça da tubagem de revestimento intercalar.

A tampa metálica da tubagem de revestimento intercalar deverá possuir um orifício e troço de tubagem onde é conectado o topo do trem de varas. Poderá possuir um segundo orifício para injeção da água após a injeção da calda de cimento. Todos os orifícios deverão possuir válvulas para garantir a total estanquidade da tubagem de revestimento. Convém marcar qual das válvulas se encontra ligada ao trem de varas de injeção, pois em caso de engano toda a operação será desastrosa.

Deverá ser instalado um manómetro, na tampa da tubagem de revestimento, com amplitude e resolução compatível com as pressões calculadas para a operação e a altura da coluna anelar a injectar.

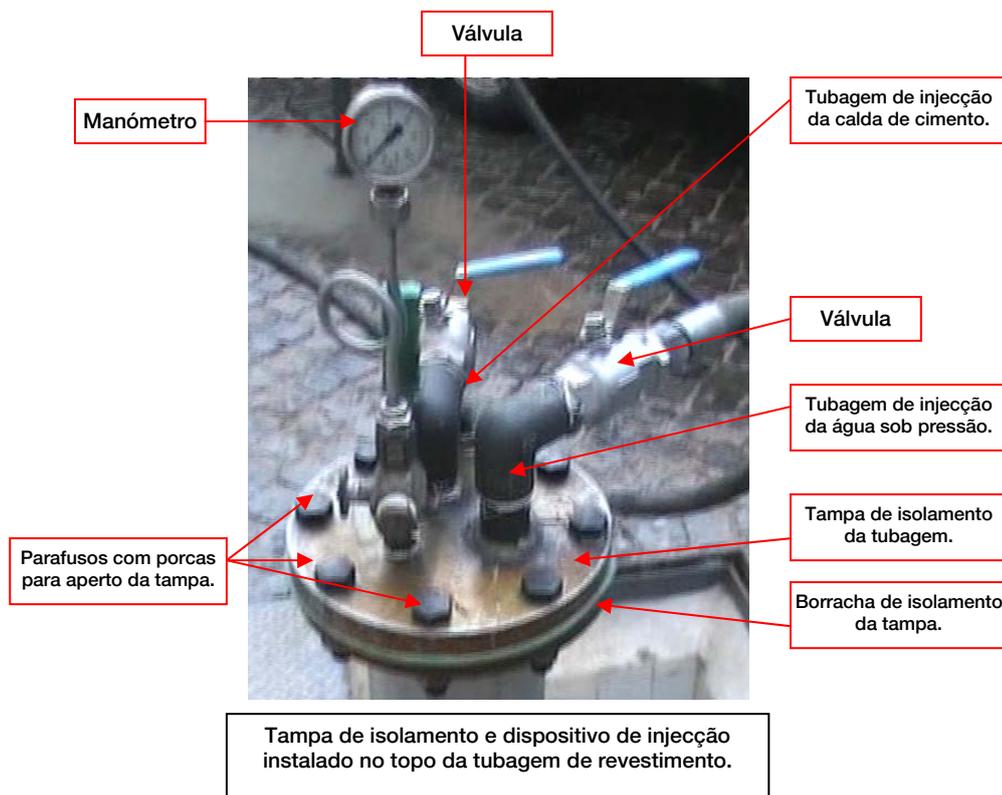
Após a preparação da calda de cimento, ou aquando da sua recepção em obra quando transportada em camião betoneira, procede-se à injeção da mesma através da válvula ligada ao trem de varas de injeção. Deverá ser injectado, preferencialmente em contínuo, todo o volume de calda necessário para completar a cimentação. Durante esta fase a outra válvula, caso exista, deverá ser mantida fechada. No decurso da injeção deverá verificar-se se a água no espaço anelar sob, com recurso a uma sonda de nível luminosa ou acústica, podendo verificar-se a saída de água do furo no espaço anelar caso esta se encontre muito próxima da superfície.

Após a injeção da totalidade do volume de calda previamente calculado, deverá proceder-se à injeção de um determinado volume de água naquela tubagem de injeção apenas para limpar o

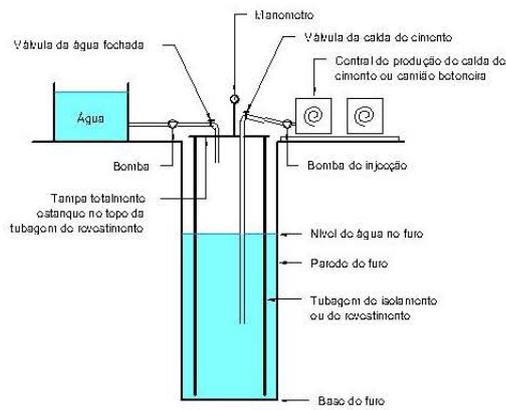
cimento que se encontra no interior do trem de varas. Após esta operação de limpeza, a válvula da tubagem do circuito de injeção da calda de cimento deverá ser fechada.

Procede-se de imediato à injeção de água através da outra válvula do circuito de injeção de água. A água injectada junto à tampa da cabeça da tubagem de revestimento irá encher o interior da tubagem de revestimento e em seguida empurrar a calda de cimento para a base do furo provocando a sua ascensão através do espaço anelar, até à superfície. Quando a calda atinge a superfície entre a parede da tubagem de revestimento e o terreno, a injeção de água deverá ser suspensa e fechada a válvula de injeção da água, de modo a garantir que o interior da tubagem de revestimento provisório se mantenha estático, sem qualquer fluxo. Como a cabeça da tubagem de revestimento se apresenta estanque a calda de cimento injectada através do espaço anelar não consegue refluir para o interior da tubagem de revestimento provisório, o que permite que se mantenha estática no espaço anelar, e assim permaneça durante o período de cura.

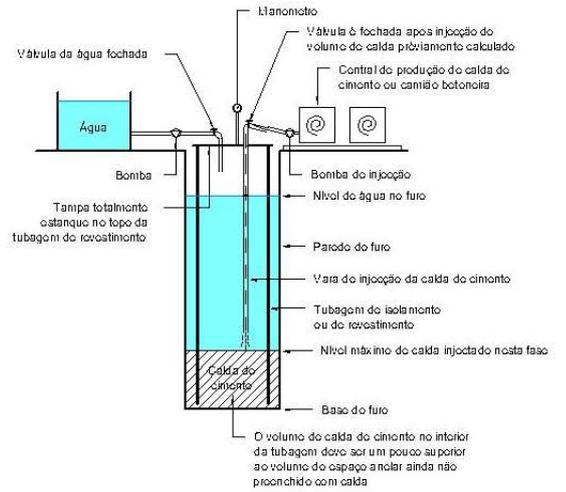
Neste caso, só os equipamentos de injeção à superfície, como as mangueiras, bombas de injeção e central de produção da calda de cimento, é que deverão de imediato, ser limpas com água. As varas remanescentes no interior do furo terão de aí permanecer durante a fase inicial da cura da calda de cimento injectada.



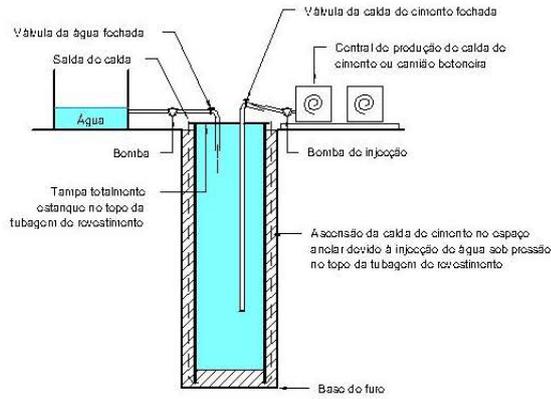
1ª FASE
DISPOSITIVO DE INJEÇÃO COM A CABEÇA DO FURO FECHADA DE FORMA ESTANQUE



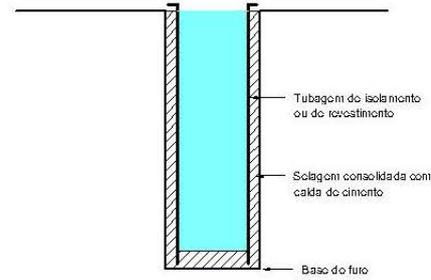
2ª FASE
DEPOSIçO DA CALDA NA BASE DO FURO



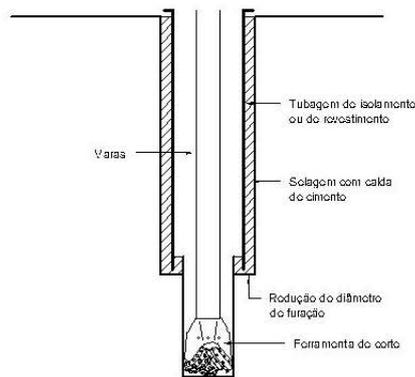
3ª FASE
A VàLVULA DE ENTRADA DA àGUA É FECHADA APÓS A CALDA DE CIMENTO ATINGIR O TOPO DO ESPAçO ANELAR À SUPERFíCIE



4ª FASE
O DISPOSITIVO DE INJEçO SÓ DEVE SER REMOVIDO APÓS UM PERÍODO DE CURA DA CALDA DE CIMENTO DE, PELO MENOS, 18 HORAS, APÓS O FINAL DE TODA A OPERAçO DE INJEçO



5ª FASE
REPERFURAçO E CONTINUAçO DA FURAçO



Esquema da injeço central com ascensào anelar por contrapressào à boca do furo

Só após se cumprir o período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, é que se deverá abrir a tampa da cabeça da tubagem de revestimento e remover o trem de varas de injeção. A posição do topo da calda de cimento injectada deverá ser aferida com uma sonda de peso. Além da verificação no interior da tubagem de revestimento deverá também proceder-se à verificação da posição da calda de cimento no espaço anelar. Caso se verifique um abaixamento da calda no espaço anelar deverá realizar-se o preenchimento do mesmo com calda de cimento. Se o consumo de calda naquele espaço for elevado haverá que verificar se existe qualquer rotura na tubagem de revestimento através da realização de uma endoscopia.

Só em seguida é que se poderá prosseguir com a perfuração à rotação, com baixa rotação e reduzida pressão.

Convém realçar que, a bomba de injeção da água deverá garantir uma pressão de injeção superior ao peso correspondente da coluna de calda de cimento do espaço anelar a injectar. O débito da bomba de injeção deverá ser elevado uma vez que a calda de cimento deverá ascender à superfície antes de se iniciar a fase de cura.

A metodologia de injeção descrita só poderá ser executada caso não se verifique artesianismo repuxante à boca do furo.

O esquema com a sequência desta metodologia de injeção é apresentado em seguida para uma melhor percepção da sequência de operações.

7.5.2.5.3 – Com contrapressão com obturador simples em profundidade

Esta metodologia é aplicada quando o nível da água se encontrar a grande profundidade ou em que o sector perfurado se encontra seco.

Tal como se referiu anteriormente, se o volume de água a injectar no interior do furo, após a injeção da calda de cimento, for muito elevado, o tempo de injeção da água poderá também ser elevado, dificultando, ou mesmo inviabilizando, a ascensão da calda à superfície.

Para ultrapassar este condicionamento recorre-se à utilização de um obturador simples na base do trem de varas.

A metodologia de injeção é muito semelhante à descrita para o método anterior com contrapressão à boca do furo. Neste caso com a diferença de que o isolamento não se faz ao nível da cabeça do furo, como no caso anterior, mas ao nível do obturador, em profundidade. Este procedimento não implica a instalação de uma tampa no topo da cabeça da tubagem de revestimento. Em tudo o resto é semelhante ao método anteriormente descrito.

A tubagem de revestimento intercalar deverá ser instalada até à base da zona perfurada.

A base da tubagem de revestimento deverá possuir alguns rasgos para facilitar a passagem da calda de cimento do seu interior para o espaço anelar adjacente.

Deverão ser instalados centralizadores ao longo da tubagem de revestimento para evitar que a mesma fique encostada às paredes do furo e seja completamente envolvida pela calda de cimento.

O obturador simples, instalado na base do trem de varas de injeção, deverá ser colocado, e insuflado, cerca de quatro a cinco metros acima da profundidade calculada que a calda atingirá quando acumulada apenas na base do furo, numa primeira fase de injeção.

Em seguida proceder-se à injeção do volume de calda de cimento previamente calculado. Após a injeção do volume de calda pré-definido, a válvula de injeção da calda de cimento deverá ser fechada, procedendo de imediato à injeção de um volume de água sob pressão, através do trem de varas de injeção, com o objectivo de empurrar a calda de cimento para a base do furo provocando a sua ascensão através do espaço anelar, até à superfície.

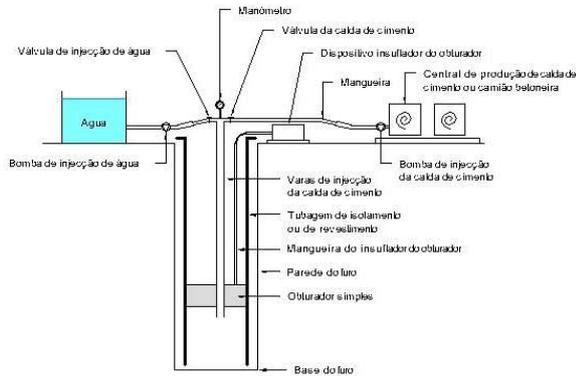
Quando a calda atinge a superfície entre a parede da tubagem de revestimento e o terreno, a injeção de água deverá ser suspensa e fechada a válvula de injeção da água, de modo a garantir que o interior da tubagem de revestimento provisório abaixo do obturador se mantenha estático, sem qualquer fluxo. Como o obturador instalado em profundidade garante a estanquidade do sistema a calda de cimento injectada através do espaço anelar não consegue refluir para o interior da tubagem de revestimento provisório, o que permite que se mantenha estática no espaço anelar, e assim permaneça durante o período de cura.

Neste caso, só os equipamentos de injeção à superfície, como as mangueiras, bombas de injeção e central de produção da calda de cimento, é que deverão de imediato, ser limpas com água. As varas remanescentes no interior do furo e o obturador terão de aí permanecer durante a fase inicial da cura da calda de cimento injectada.

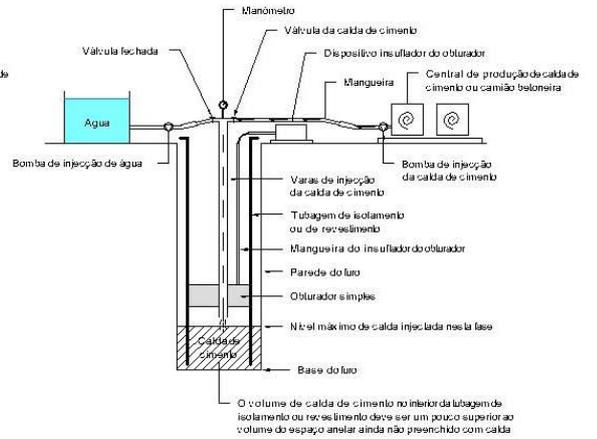
Só após se cumprir o período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, é que o obturador simples e o trem de varas de injeção poderão ser removidos. A posição do topo da calda de cimento injectada deverá ser aferida com uma sonda de peso. Além da verificação no interior da tubagem de revestimento deverá também proceder-se à verificação da posição da calda de cimento no espaço anelar. Caso se verifique um abaixamento da calda no espaço anelar deverá realizar-se o preenchimento do mesmo com calda de cimento. Se o consumo de calda naquele espaço for elevado haverá que verificar se existe qualquer rotura na tubagem de revestimento através da realização de uma endoscopia.

SISTEMA DE INJEÇÃO ASCENDENTE, SOB PRESSÃO,
COM RECURSO A OBTURADOR SIMPLES
(CASOS DE SECTORES SEM ÁGUA NAS ZONAS A ISOLAR)

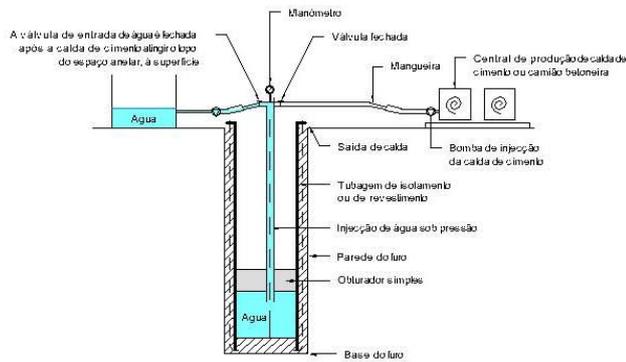
1ª FASE
MONTAGEM DO DISPOSITIVO DE INJEÇÃO
COM OBTURADOR SIMPLES



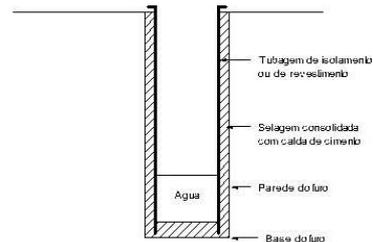
2ª FASE
INJEÇÃO DA CALDA DE CIMENTO



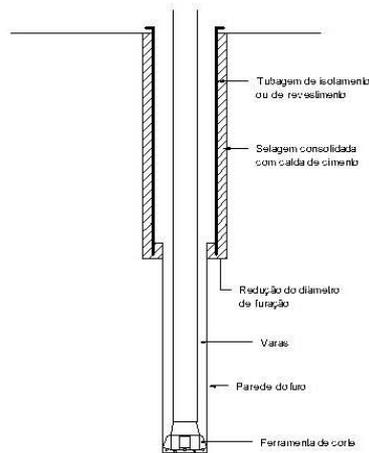
3ª FASE
INJEÇÃO DE ÁGUA SOB PRESSÃO
(IMEDIATAMENTE APÓS A CONCLUSÃO DA INJEÇÃO DA CALDA DE CIMENTO)



4ª FASE
REMOÇÃO DO DISPOSITIVO DE INJEÇÃO
(O OBTURADOR SIMPLES SÓ DEVE SER DESINSUFLADO E REMOVIDO
APÓS UM PERÍODO DE CURA DE CALDA DE CIMENTO DE, PELO MENOS,
18 HORAS APÓS O FINAL DA OPERAÇÃO DE INJEÇÃO)



5ª FASE
REPERFURAÇÃO E CONTINUAÇÃO DA FURAÇÃO



Só em seguida é que se poderá prosseguir com a perfuração à rotação, com baixa rotação e reduzida pressão.

Tal como se referiu para a metodologia anterior, a bomba de injeção da água deverá garantir uma pressão de injeção superior ao peso correspondente da coluna de calda de cimento do espaço anelar a injectar. O débito da bomba de injeção deverá ser elevado uma vez que a calda de cimento deverá ascender à superfície antes de se iniciar a fase de cura.

7.5.2.5.4 – Com cravação da tubagem de revestimento intercalar

Este método só é viável se a base da zona perfurada, e a cimentar, corresponder a uma formação argilosa ou siltosa que permita a cravação da base da tubagem de revestimento intercalar.

A espessura das paredes da tubagem metálica de revestimento intercalar deverá ser suficiente para suportar, sem qualquer deformação, o esforço de compressão, durante a sua cravação no terreno.

Trata-se essencialmente de um procedimento que poderá ser aplicado como complemento às duas metodologias anteriormente descritas, nomeadamente, a cimentação com contrapressão com obturador simples em profundidade e a cimentação com contrapressão à boca do furo.

Após a ascensão da calda de cimento à superfície, nas duas metodologias indicadas, e ao encerramento do circuito de injeção de água, quando o sistema se encontra estático, procede-se à cravação da tubagem metálica de revestimento no terreno. Para facilitar a cravação da tubagem de revestimento intercalar no terreno será vantajoso, antes da descida da tubagem, executar na sua base, uns cortes triangulares na base da tubagem, tipo denteado triangular,

A cravação da base da tubagem de revestimento ao terreno tem por objectivo isolar a base do sector anelar e impedir o refluxo da calda injectada, do espaço anelar para o interior do furo.

Neste caso, após uma cravação adequada poderá remover-se de imediato a tampa do furo e o trem de varas, no caso da injeção com contrapressão à boca do furo, ou o obturador e o trem de varas no caso da injeção com contrapressão com obturador simples em profundidade.

Se a cravação não for bem executada ou não garantir o isolamento desejado toda a operação de cimentação poderá ficar comprometida.

7.5.2.5.5 – Com isolamento total da cabeça e contrapressão com água

Esta metodologia destina-se a cenários de injeção de tubagens de revestimento intercalar durante a fase de perfuração quando ocorra artesianismo repuxante, isto é, saída de água à boca do furo.

O afluxo ascendente da água impede a injeção com recurso a qualquer dos métodos anteriormente descritos tendo em conta que o caudal ascendente pode arrastar a calda injectada, mesmo quando se aplicam caldas densas ao longo de apreciáveis extensões lineares de injeção. Por outro lado, mesmo que a calda injectada por aqueles métodos consiga suplantar e interromper o fluxo de água ascendente, poderá desenvolver-se pelo interior da calda canais preferenciais do fluxo de água que impedem um completo isolamento do espaço anelar.

Trata-se do método de injeção mais complexo e trabalhoso que requer uma equipa de execução muito experiente e cuidadosa.

Esta operação só é possível se já existir uma outra tubagem selada contra a parede do furo, num sector superior, tal como, por exemplo, o tubo guia, pois torna-se necessário também tamponar, de forma estanque, o topo do espaço anelar.

Numa primeira fase deverá proceder-se à aplicação, por soldagem, de uma flange na tubagem já existente, selada ao terreno, tal como o tubo guia.

Esta metodologia de injeção é em tudo idêntica à metodologia de injeção com contrapressão à boca do furo, anteriormente descrita, apenas com o acréscimo de que o espaço anelar à superfície também se encontra tamponado.

O tamponamento do espaço anelar visa impedir a saída de água e da calda de cimento de forma descontrolada por efeito do afluxo ascendente da água do furo.

Todo o restante procedimento é idêntico, tal como se referiu, ao descrito para a injeção com contrapressão à boca do furo.

A tampa do sector do espaço anelar deverá possuir uma válvula para permitir a saída da água do espaço anelar, de forma gradual e com um caudal muito controlado, em parte obstruído, até que se observe a chegada da calda de betão.

Durante a injeção da calda de cimento todo o sistema deverá ser mantido fechado. Quando se proceder à injeção da água sob pressão para empurrar a calda de cimento, a válvula do espaço anelar deverá ser aberta de modo a permitir a passagem da água do espaço anelar que se encontra acima da calda de cimento. Assim que a calda de cimento atinge a superfície, com uma densidade adequada, a válvula da tampa do sector anelar deverá ser fechada em simultâneo com a válvula do circuito de injeção de água. Todo o sistema permanecerá estático no interior do furo, permitindo que a calda de cimento ganhe presa no sector anelar. O encerramento da válvula da tampa do sector anelar impede a circulação e saída de calda e de água pelo espaço anelar enquanto que a tampa da zona central da tubagem de revestimento provisório, com as válvulas fechadas, impede saída da água ou da calda pelo interior da tubagem.

Só após se cumprir o período de cura adequado, de cerca de 12 horas a 18 horas, é que se deverá abrir a tampa da cabeça da tubagem de revestimento e do espaço anelar, e remover o trem de varas de injeção. A posição do topo da calda de cimento injectada deverá ser aferida com uma sonda de peso. Além da verificação no interior da tubagem de revestimento deverá também proceder-se à verificação da posição da calda de cimento no espaço anelar. Caso se verifique um abaixamento da calda no espaço anelar deverá realizar-se o preenchimento do mesmo com calda de cimento. Se o consumo de calda naquele espaço for elevado haverá que verificar se existe qualquer rotura na tubagem de revestimento através da realização de uma endoscopia.

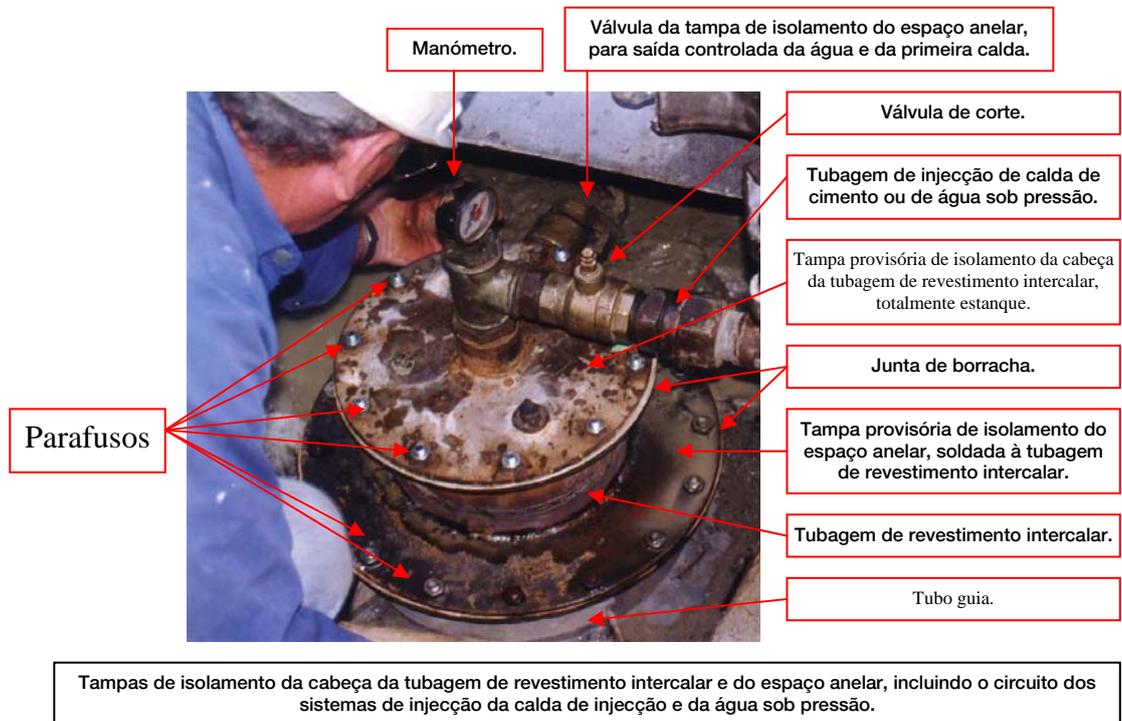
Só em seguida é que se poderá prosseguir com a perfuração à rotação, com baixa rotação e reduzida pressão.

Para se realizar este tipo de injeção em contrapressão torna-se necessário determinar a pressão hidrostática do furo com a cabeça completamente isolada, através da instalação de um manómetro de precisão na tampa de isolamento.

O conhecimento desta pressão hidrostática permitirá avaliar a pressão de injeção que será necessária implementar, e seleccionar o tipo de bomba mais adequada para a operação, assim como determinar a pressão inicial que deverá, desde logo, ser necessário aplicar para garantir a entrada de calda de cimento no interior do furo quando todo o sistema se encontrar fechado.

Nas injeções em contrapressão com artesianismo repuxante, haverá que recorrer eventualmente a caldas mais densas, com aceleradores de presa, de modo a conseguir-se combater de forma rápida e eficiente a contrapressão existente e evitar a penetração da água na calda injectada. Toda a injeção deverá ser realizada numa única fase pelo que se deverá garantir em obra o adequado volume de calda a injectar, preferencialmente a camiões betoneira e a bomba de injeção de calda de cimento.

Este tipo de operação de injeção deverá ser realizada de forma rápida e com grande precisão.



7.6 – Construção da captação

7.6.1 – Tubagem de revestimento definitivo

7.6.1.1 – Aspectos gerais

No final da fase de perfuração os furos são, em geral, revestidos ou encamisados, mediante a implantação no seu interior de uma tubagem de revestimento final.

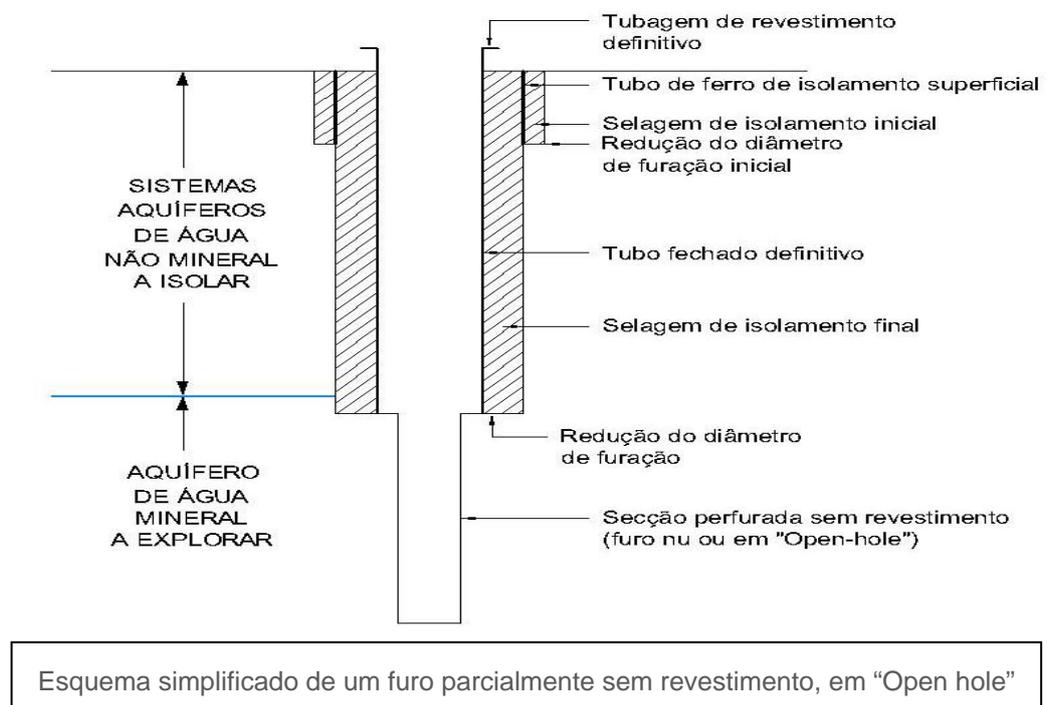
A tubagem de revestimento final de uma captação consiste no conjunto de tubos fechados, cones de redução e tubos ralos que são colocados no interior do furo imediatamente após a fase de furação, sendo posteriormente envolvidos pelo maciço drenante e pelo material de isolamento colocado acima deste.

Os designados tubos fechados consistem em tubos, sem quaisquer orifícios, que são colocados nos sectores em que não se pretenda que haja entrada de água para o interior do furo.

Os cones de redução são peças com o formato de um cone, seccionado horizontalmente, que garantem a ligação entre sectores de tubagens de revestimento com diferentes diâmetros, em zonas da captação em geral mais ou menos coincidentes com reduções do diâmetro de perfuração.

Os tubos ralos são tubos que possuem vários orifícios para permitir a entrada de água para o interior da tubagem de encamisamento.

Existem, no entanto, casos em que não se procede ao encamisamento dos furos no final da perfuração. Nestes casos, apenas a parte superior do furo, em geral correspondente à zona da câmara de bombagem, onde fica instalada a bomba submersível, é que é revestida e isolada com tubo fechado. A parte inferior da captação não é revestida. Este tipo de furos, conhecidos com as designações de furos em Open-hole, furos sem revestimento ou encamisamento, ou furo nu, apenas podem ser realizados em maciços rochosos autoportantes, pouco alterados a são e pouco fracturados, em que não ocorra instabilização das paredes do furo. Não é possível, por razões óbvias, esta opção não revestida em formações detríticas soltas sob pena de um total assoreamento do sector inferior não revestido do furo.



Neste caso os furos são apenas encamisados na parte superior, com tubo fechado, e o respectivo espaço anular é selado. Este sector superior, encamisado e cimentado, visa impedir a entrada de águas superficiais, eventualmente contaminadas, as águas de outros níveis aquíferos indesejados, e reforçar a estabilidade das paredes do furo no sector mais superficial, em geral mais alterado e/ou fracturado, onde por norma se revela mais instável. Abaixo do sector encamisado o furo é apenas constituído pelas paredes do maciço rochoso, verificando-se assim a entrada directa da água para o interior do furo. Convém que o sector encamisado penetre garantidamente na zona estável e não alterada do maciço rochoso pois, caso contrário, poderá verificar-se a entrada fácil de águas superficiais indesejadas. Além disso, o sector encamisado destes furos deverá corresponder à totalidade da câmara de bombagem, não devendo colocar-se, por razões de segurança, a bomba submersível na parte não encamisada do furo.



Fotografia de endoscopia – Sector da base de um furo em “open hole”, ou sem revestimento. Vista axial.

Esta prática, realizada nalguns furos de água mineral ou de nascente, corresponde a uma pequena fracção das captações deste tipo realizadas em Portugal. Em vários casos verificou-se o posterior encamisamento da parte inferior dos furos deixados inicialmente sem revestimento, alguns meses ou anos após a conclusão dos mesmos. Esta iniciativa de revestimento posterior deveu-se em geral às seguintes causas:

- à constatação de episódios de instabilização posterior do furo, pelo facto do contacto com a água e a descompressão ao longo do tempo contribuir para a instabilização das paredes da captação;
- à turvação da água captada quer devido à entrada de materiais finos, siltosos ou argilosos, provenientes quer da degradação do maciço por contacto com a água, em geral nas formações xistentas, quer da lavagem dos materiais finos que se encontram acumulados nas fracturas do maciço por onde circula a água;
- à infiltração de águas sub-superficiais devido a deficiente penetração da tubagem de revestimento no maciço rochoso são e pouco fracturado, ou a insuficiente isolamento por selagem da coluna de revestimento dos níveis de águas indesejados..

Apesar de um furo em “open hole” se revelar substancialmente mais económico do que um furo completamente encamisado, haverá que ponderar cuidadosamente sobre as vantagens da sua execução pois um posterior encamisamento torna a captação mais onerosa no final de todos os trabalhos.

Uma tubagem de revestimento deve corresponder aos seguintes requisitos:

- suportar as pressões do terreno circundante à captação sem qualquer deformação, torção ou rotura;
- ser resistente à oxidação e corrosão pela água, em especial no sector onde ocorre a variação mais frequente do nível da água no furo, entre o nível hidrostático e o nível hidrodinâmico máximo estabilizado;

- suportar as reacções químicas e de aquecimento, associadas ao período de cura da calda de cimento das injeções de selagem de determinados sectores do espaço anular entre a tubagem de revestimento e a parede do furo, sem sofrer qualquer deformação, torção ou rotura;
- garantir a estanquidade da coluna de revestimento nos sectores de tubos fechados, contra quaisquer infiltrações, quer através da parede dos tubos fechados quer através das uniões transversais entre tubos ou as costuras longitudinais, no caso de tubagens de aço;
- apresentar uma composição química das tubagens que não provoque alteração da composição da água ou que não origine a migração dos seus componentes para a água quer ao nível de metais (no caso dos aços) quer ao nível de compostos orgânicos (no caso dos plásticos);
- a sua instalação deverá garantir uma boa linearidade da sua estrutura, sem ocorrência de deformações ou torções devido ao peso próprio;
- a superfície interior dos tubos fechados deve ser completamente lisa, isenta de rugosidades ou de sulcos;
- as ligações entre sectores de tubagens devem ser completamente estanques, e garantir a ausência de reentrâncias significativas, ressaltos, zonas porosas, buracos ou sectores roscados, devendo ser lisas e com conexões completas topo a topo entre as tubagens, de modo a impedir a criação de ambientes propícios ao alojamento de microorganismos na tubagem, factor que poderá contribuir para a degradação da qualidade bacteriológica da água captada.

7.6.1.2 – Composição dos materiais

7.6.1.2.1 – Tipos de revestimentos mais utilizados

Os tipos de materiais mais utilizados, em Portugal, como tubagem de revestimento em furos de captação de água mineral natural, são:

- aço inox;
- PVC (Policloreto de vinil).



Tubagens de revestimento definitivo, em PVC e em aço inóx

Aplicação de tubagem de revestimento em aço inox, ou em PVC, apresentam vantagens e desvantagens, as quais serão debatidas mais adiante, devendo o técnico consultor, responsável pelo projecto da captação, decidir sobre o tipo de material mais adequado, caso a caso.

Revestimentos em ferro galvanizado, ou aço preto macio, não são utilizados em furos de água mineral, uma vez que são muito susceptíveis à oxidação e, conseqüentemente, a uma rápida degradação da coluna de revestimento e da própria captação. A aplicação de ferro galvanizado ou de aço preto macio está limitada a tubagens de isolamento intercalar associadas à cimentação de determinados sectores do furo durante a fase de perfuração.

Não são também utilizadas tubagens de revestimento em PP (Polipropileno) com juntas soldadas a quente, em PPR (Polipropileno reticulado) com juntas electro-soldadas topo a topo, ou em PEAD (Polietileno de Alta Densidade). A sua resistência à compressão é reduzida pelo que tendem a deformar-se facilmente.

7.6.1.2.2 – Revestimento definitivo em aço inox

7.6.1.2.2.1 – Características gerais

No que se refere ao aço inox as tubagens mais utilizados são o AISI 304 e o AISI 316 L, com costura, ou seja com soldadura longitudinal.



Tubagem para revestimento definitivo em aço inox.

A referência AISI significa correspondência com as normas do American Iron and Steel Institute (Instituto Americano do Ferro e do Aço). A numeração reflecte a classificação daquela Instituição, no que se refere à aplicação do aço inox, relativamente à série 300 do conjunto de quatro séries definidas quanto à utilização do aço. Os aços da série 300, onde se incluem o 304 e o 316, são aços inoxidáveis designados por austeníticos, por conterem na sua composição níquel e cromo em concentrações superiores a 7%, o que lhes incute características de particular resistência à corrosão.

Chama-se a atenção para o facto de tubagens de aço com a indicação de 304 ou 316, que não contenham a referência AISI podem não corresponder às características de resistência mecânica, ou de corrosão, que os aços que seguem as normas AISI apresentam. Deverá ser obtido junto do fornecedor a ficha técnica dos aços a aplicar, e garantir que o fabricante corresponde a entidade idónea e de reconhecida qualidade de fabrico.

No quadro seguinte apresenta-se uma síntese dos principais componentes dos aços AISI 304 e AISI 316 L.

Composições características

Compostos caracterizadores	AISI 304	AISI 316
Carbono	0,08 % máx.	0,08 % máx.
Manganês	2 % máx.	2 % máx.
Crómio	19 %	17 %
Níquel	9,5 %	12 %
Molibdénio	0	2,5 %

O aço inox AISI 316 L apresenta características de fabrico muito semelhantes às do 316 embora seja mais resistente à corrosão para a maior parte dos produtos químicos, sais e ácidos, devido ao seu baixo teor em carbono. A sigla L (low) significa uma menor concentração de carbono em relação ao 316 normal.

A principal diferença composicional entre o aço 316 e o 304, para além de uma ligeira variação das concentrações de cromo e de níquel, reside na presença de molibdénio no aço 316, que não ocorre no 304. A inclusão de molibdénio na sua composição incute ao 316 uma maior resistência em ambientes marinhos, ou águas subterrâneas muito mineralizadas e agressivas.

Pelo exposto verifica-se que, em águas muito corrosivas e agressivas, o tipo de aço mais recomendável, será o AISI 316 L, caso se opte pelo revestimento metálico. O aço inox AISI 304 deverá ficar reservado para águas pouco agressivas.

As tubagens de aço inox utilizadas, devem ser tubagens industriais, com a costura longitudinal, executadas por empresas especializadas e de competência. Desaconselha-se a utilização de tubagens fabricadas de forma artesanal a partir de folhas de aço enroladas, com soldaduras longitudinais executadas por pessoal não habilitado, sem atmosfera inerte, e sem os equipamentos e materiais adequados. Refere-se esta situação pois, não são raros os casos em que tais tipos de tubagens foram aplicados, com resultados desastrosos para o Dono da Obra.

A descida da tubagem de revestimento no interior do furo constitui uma operação delicada, devendo a sua sustentação ser garantida por cabos suficientemente resistentes para os pesos envolvidos e o guincho hidráulico com potência adequada à sua elevação e descida. Deverá proceder-se previamente ao cálculo do peso total da tubagem de revestimento de modo a verificar se os cabos a utilizar e o guincho hidráulico são adequados para os materiais em questão. O peso das tubagens consta na ficha técnica que pode ser obtida junto do fornecedor do aço.

A selecção da espessura da parede da tubagem de revestimento depende essencialmente de três factores:

- as profundidades a que as tubagens serão colocadas;
- a resistência à compressão das tubagens;
- o diâmetro das tubagens;

A espessura das paredes das tubagens de revestimento em aço inox deverá ser função da profundidade do furo, ou da sua localização em profundidade, podendo a sua espessura variar consoante a profundidade a que é aplicada. A selecção da espessura da parede da tubagem dependerá assim das características de resistência à compressão da tubagem, a qual deve constar nas fichas técnicas do fornecedor da tubagem. Por outro lado dependerá também das profundidades a que será aplicada, tendo em conta as tensões do terreno e/ou do material de isolamento, admitindo-se para o efeito um peso específico para os mesmos, e calculando o peso resultante para a profundidade em questão, tendo sempre em consideração a contrapressão da coluna de água.

Para uma mesma profundidade haverá também que ter em conta o diâmetro da tubagem a aplicar. A título de exemplo, para uma mesma profundidade, caso se use uma tubagem com um diâmetro externo de 100 mm e uma espessura de cerca de 4 mm, a espessura que a tubagem teria, no caso do diâmetro ser 250 mm seria de 8 mm. No caso de, nas mesmas condições, o diâmetro externo da tubagem fosse de 500 mm, a sua espessura teria de ser de cerca de 12 mm. Haverá, assim, que avaliar a espessuras das paredes dos tubos para as resistências à compressão, desejadas, compatíveis com as profundidades em questão, e para o diâmetro das tubagens.

7.6.1.2.2.2 – Vantagens

As vantagens do aço inox, com as espessuras adequadas às respectivas profundidades, são as seguintes:

- maior resistência à compressão do que o PVC, implicando a possibilidade de aplicação a maiores profundidades onde a pressão dos terrenos é maior, suportando melhor as pressões associadas à coluna de calda de selagem injectada no espaço anular;
- maior resistência à rotura do que o PVC, permitindo intervenções mecânicas no interior do furo mais vigorosas e intensas do que noutros materiais, tais como escovagem com escovas de aço, injeções de ar ou de água, com muito alta pressão;
- maior resistência ao aquecimento, sem deformações ou torções significativas, quer por efeito do aquecimento da calda de cimento de injeção, quer por efeito da temperatura da própria água;
- permite uma maior linearidade da coluna, com menores deflecções;

- permite a execução de furos com menores diâmetros uma vez que para o mesmo cenário e profundidades, a espessura da tubagem de revestimento em aço inox é bastante menor do que a de uma tubagem em PVC.



Fotografia de endoscopia – Aspecto de sector não oxidado do interior de uma tubagem de revestimento em aço inox AISI 316 L. Vista lateral.



Costur ou soldadura longitudinal da tubagem de revestimento.

Fotografia de endoscopia – tubagem de revestimento em aço inox AISI 316 L, sem qualquer oxidação. Vista axial.



Fotografia de endoscopia - Vista interior do cordão da soldadura da junta entre segmentos de tubo fechado em aço inox, bem executada e sem qualquer oxidação. Vista lateral.

7.6.1.2.2.3 – Desvantagens

As principais desvantagens na aplicação de tubagens de revestimento em aço inox são as seguintes:

- susceptibilidade a corrosão moderada a intensa em ambientes hidroquímicos agressivos, dependendo dos sais minerais dissolvidos, do pH, do oxigénio dissolvido, do CO₂ e do enxofre nas suas formas reduzidas;



Fissura por oxidação intensa.

Fotografia de endoscopia – Fissuração por intensa oxidação da tubagem de revestimento. Vista lateral.



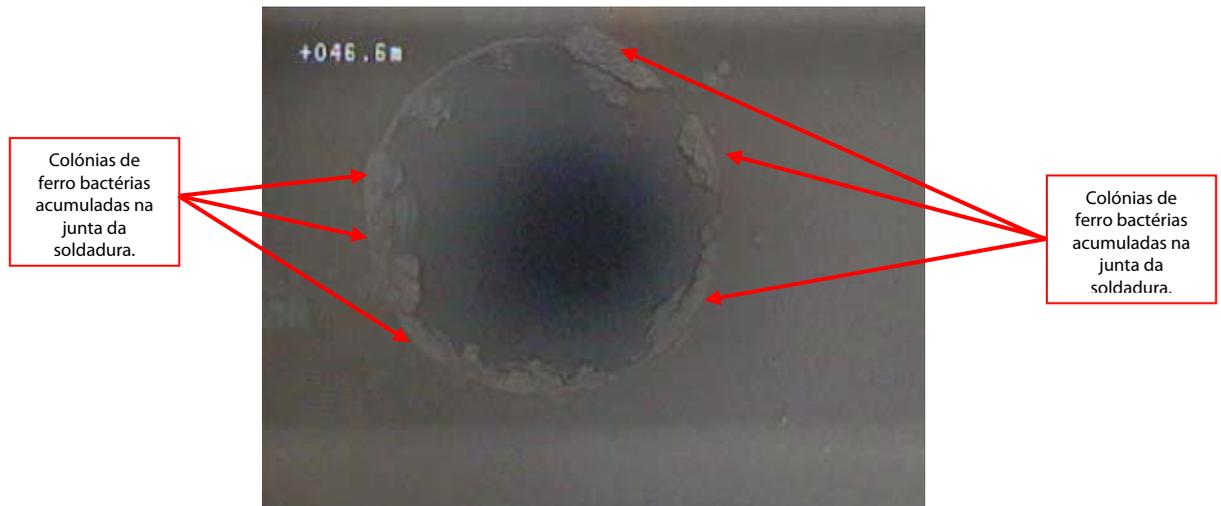
Fotografia de endoscopia – Fendas na tubagem de revestimento originadas por intensa oxidação do aço inox AISI 316 L. Depósitos de sais na parede da tubagem de revestimento. Vista lateral

- a actividade de ferro bactérias provoca a sua degradação e corrosão, podendo originar buracos nas tubagens em aço, mesmo no AISI 316 L, e conduzir ao colapso de sectores da captação, ou provocar o entupimento da coluna de revestimento devido à intensa acumulação, nas paredes da coluna de revestimento, dos resíduos daquele tipo de actividade bacteriana;

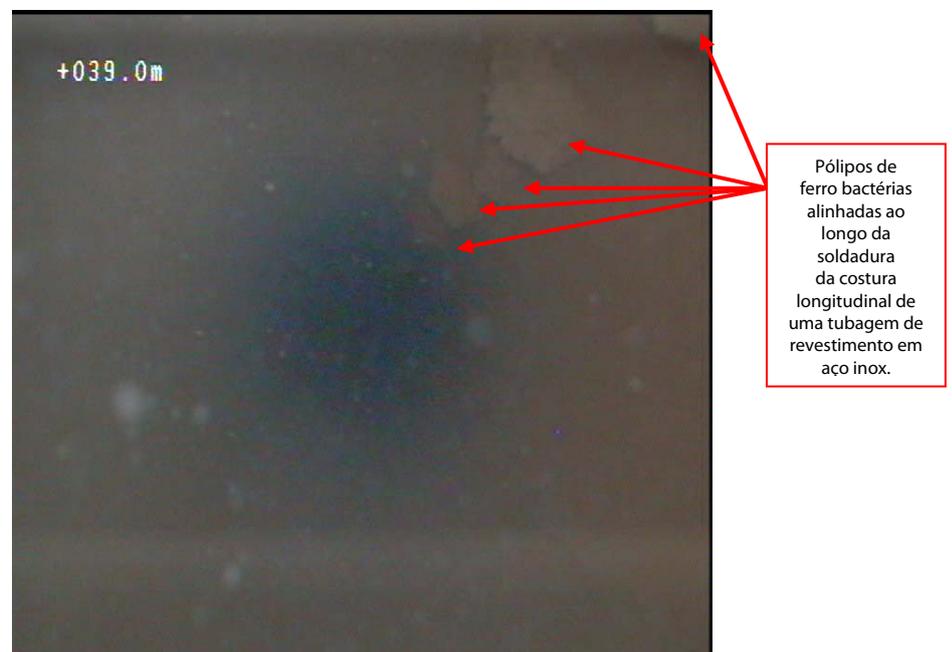


Pólipos de ferro bactérias

Fotografia de endoscopia – Colónias de pólipos de ferro bactérias detectadas na zona da soldadura da junta entre tubagens. Vista lateral.



Fotografia de endoscopia – Junta de soldadura entre troços de tubagem de revestimento, com diversas acumulações de colónias de bactérias. Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Pólipos de colónias de ferro bactérias alinhados ao longo da costura longitudinal do tubo fechado em aço inox. Vista lateral.

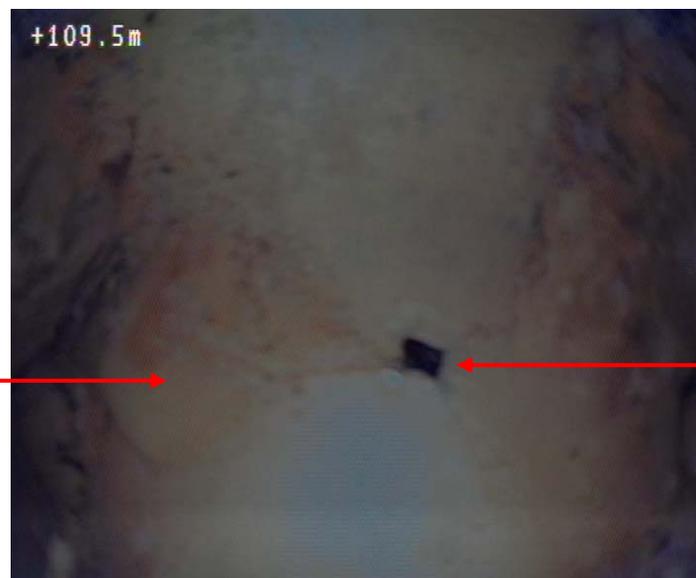
- no caso da união entre segmentos das tubagens ser realizado por meio de soldaduras, torna-se necessário o recurso a técnicos especializados, à preparação prévia das superfícies a soldar, à utilização de metodologia e equipamentos de soldadura específicos e à aplicação de atmosfera inerte no interior e exterior da tubagem aquando da sua soldadura, sob pena das soldaduras constituírem sectores de fácil corrosão química ou bacteriana, conduzindo à acelerada degradação da tubagem de revestimento naqueles pontos, e consequentemente da própria captação;

- as uniões roscadas nas tubagens de aço são susceptíveis a fácil ovalização durante a aplicação por soldagem dos terminais roscados nos tubos, implicando dificuldades na fase de aperto, em geral não se conseguindo a completa conexão topo a topo entre as peças macho e fêmea das uniões roscadas, não se conseguindo a estanquidade necessária nestes sectores de união;



Soldadura da junta entre segmentos de tubo fechado, muito oxidada.

Fotografia de endoscopia – Vista interior da soldadura da junta entre segmentos de tubo fechado em aço inox, muito oxidada, executada com eléctrodos tradicionais de aço, em ambiente não inerte. Vista lateral.



Pólipos de ferro bactérias incrustados na zona da soldadura da junta entre troços de tubagem de revestimento.

Buraco na zona da junta da soldadura entre troços da tubagem de revestimento.

Fotografia de endoscopia – Buraco na zona da soldadura da junta entre trechos da tubagem de revestimento com um fluxo significativo de água do exterior para o interior da captação através daquele orifício. A restante zona da soldadura da junta encontrava-se completamente ocupada por colónias de pólipos de ferro bactérias. Vista lateral.

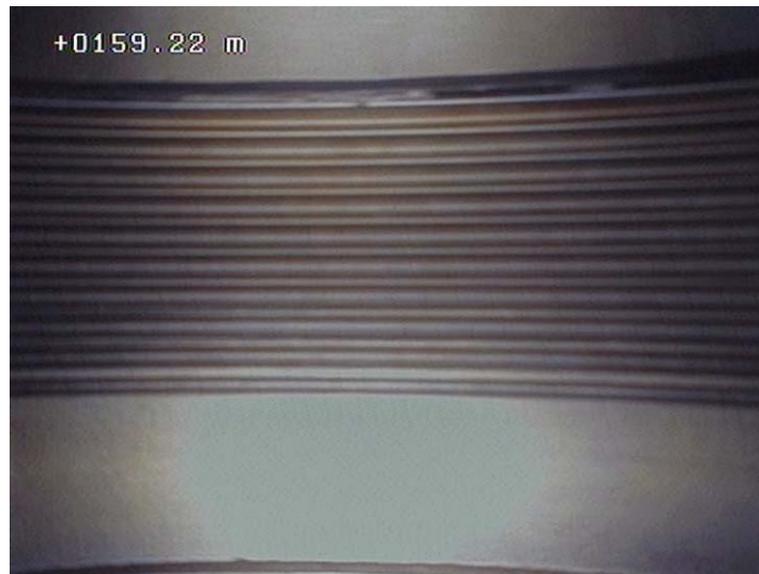
- o seu custo elevado constitui um dos factores que podem condicionar a aplicação deste tipo de material como tubagem de revestimento definitivo de uma captação.

7.6.1.2.2.4 – Ligações entre tubagens de aço inox

As tubagens de aço inox referidas podem ser conectadas entre si através de uniões roscadas, ou através de soldaduras entre tubagens, topo a topo.

Os terminais roscados (macho e fêmea) são fabricados separadamente e, posteriormente, soldados às extremidades de cada segmento de tubo. As soldaduras destes terminais devem ser realizadas em fábrica da especialidade, com sistemas de soldadura industrial, com atmosfera inerte, por técnico especializado e com as varetas adequadas para o tipo de aço em questão. Os

terminais roscados devem ser do mesmo tipo de aço que a restante tubagem. Só assim será possível obter juntas de soldaduras bem executadas, sem ressaltos e sem excesso de solda, e resistentes à corrosão.



Fotografia de endoscopia – Vista interior do segmento da rosca remanescente na zona de união entre tubos fechados em aço inox. Vista lateral.

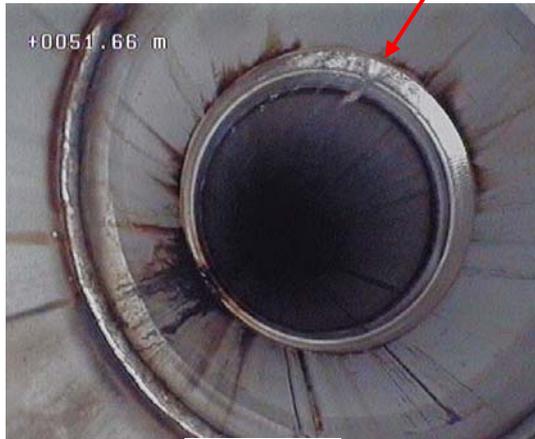
A principal vantagem da opção de uniões com roscas em relação à soldadura das tubagens in situ reside na rapidez da operação de ligação e também no facto de não ser necessário ter de se proceder a soldaduras no terreno, de difícil e complexa realização.

Contudo, a união de tubagens de aço inox roscadas é uma operação delicada, correndo-se o risco de se danificar (gripar) o passo da rosca e ter de se substituir as duas tubagens em questão. Por outro lado, o aperto excessivo poderá conduzir a rotura do aço, implicando a fissuração e a necessidade da sua substituição. Estas situações são agravadas pelo facto do calor aplicado à soldadura dos terminais roscados ter tendência a ovalizar as tubagens, facto que potencia maiores dificuldades no processo de união e concorre para facilitar a danificação das roscas.

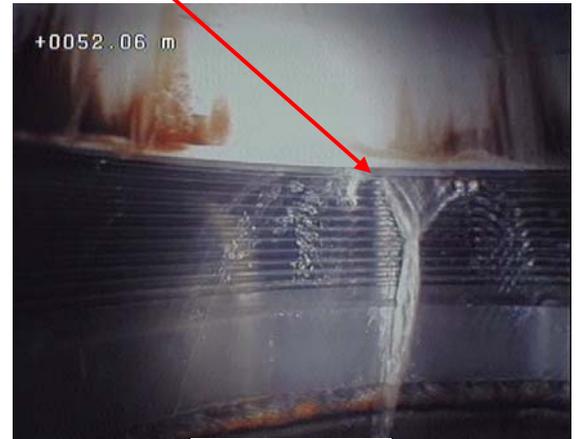
Outra desvantagem das uniões roscadas em tubagens de aço inox reside no facto deste tipo de uniões constituírem uma zona de fraqueza na estrutura geral da tubagem de revestimento, sendo susceptível de roturas durante a descida da coluna de revestimento, com queda de parte da mesma, ou a sua fissuração, perdendo o carácter estanque essencial, no sector de tubos fechados, para impedir a entrada de água de níveis indesejados.

Nalguns casos, o receio em danificar a rosca leva a que a união entre as tubagens não seja completa topo a topo, ficando alguma extensão remanescente, da rosca, por roscar. Este aperto incompleto impede a total estanquidade da rosca, permitindo a entrada de águas através daquele sector e mesmo da calda de selagem durante a cimentação final, correndo-se o risco, nalguns casos, de colmatar parte dos ralos devido à entrada da calda para o interior da captação, ou de encher a base da coluna com calda de cimento que entra para o interior da tubagem de revestimento através daquela zona roscada.

Entrada de água através de união roscada, em sector de tubo fechado em aço inox, correspondente a zona a isolar, cujas águas não deveriam ser captadas.



Vista axial



Vista lateral

Fotografias de endoscopias – Entrada de água através de união roscada, em sector de tubo fechado em aço inox, correspondente a zona a isolar, cujas águas não deveriam ser captadas ou entrarem para o interior do furo.

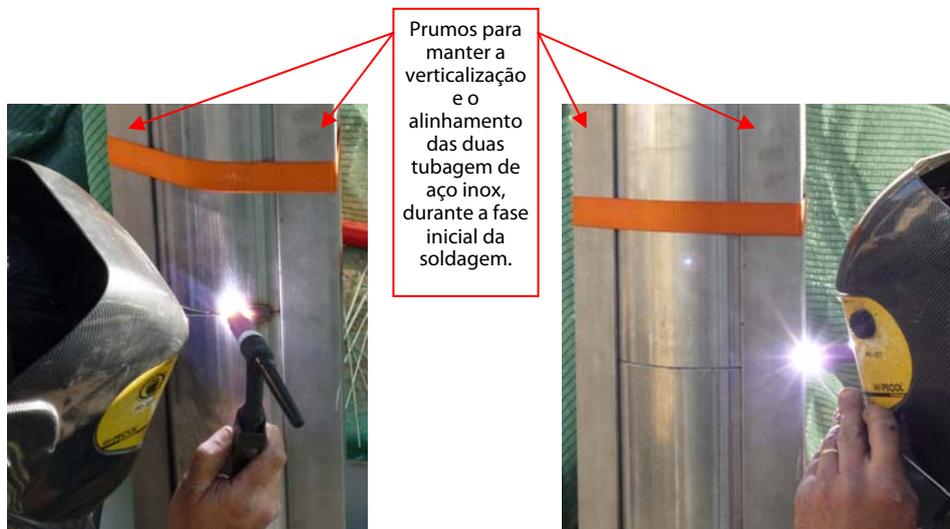
No caso de se optar por uniões soldadas entre tubagens topo a topo, esta operação deve ser levada a cabo por pessoal especializado, equipamentos adequados e materiais apropriados, nomeadamente:

- antes da operação de soldagem deverá proceder-se à adequada preparação das superfícies a intervir;
- as duas extremidades das tubagens a conectar devem estar perfeitamente regulares, sem ressaltos, e ortogonais ao eixo dos tubos;



Superfície regular do topo de um segmento de tubagem de revestimento definitivo em aço inox.

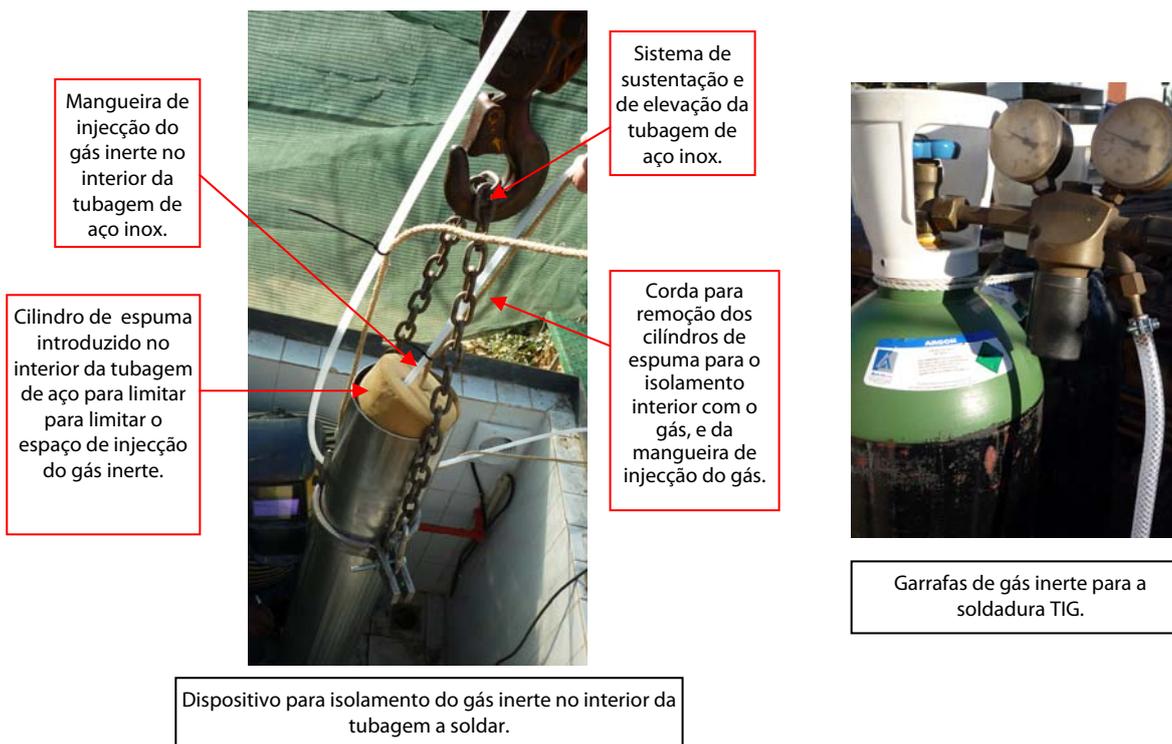
- as duas tubagens a soldar devem estar perfeitamente verticalizadas e alinhadas, para se evitar deflecção e dificuldades de introdução dos tubos no furo;



Prumos para manter a verticalização e o alinhamento das duas tubagem de aço inox, durante a fase inicial da soldagem.

Verticalização e alinhamento das tubagens de revestimento definitivo, em aço inox, na fase inicial da soldagem.

- a soldadura deverá ser realizada em atmosfera inerte tanto na parte interior da tubagem como na parte exterior, de modo a garantir a não oxidação do sector soldado, operação difícil tratando-se de tubagens na vertical, por vezes com seis metros de comprimento, pelo topo e interior da qual deve ser introduzida uma mangueira até ao nível da zona a soldar, para introduzir o gás inerte no seu interior, tamponando-se o topo da tubagem, para minimizar as perdas de gás;



Mangueira de injeção do gás inerte no interior da tubagem de aço inox.

Sistema de sustentação e de elevação da tubagem de aço inox.

Cilindro de espuma introduzido no interior da tubagem de aço para limitar o espaço de injeção do gás inerte.

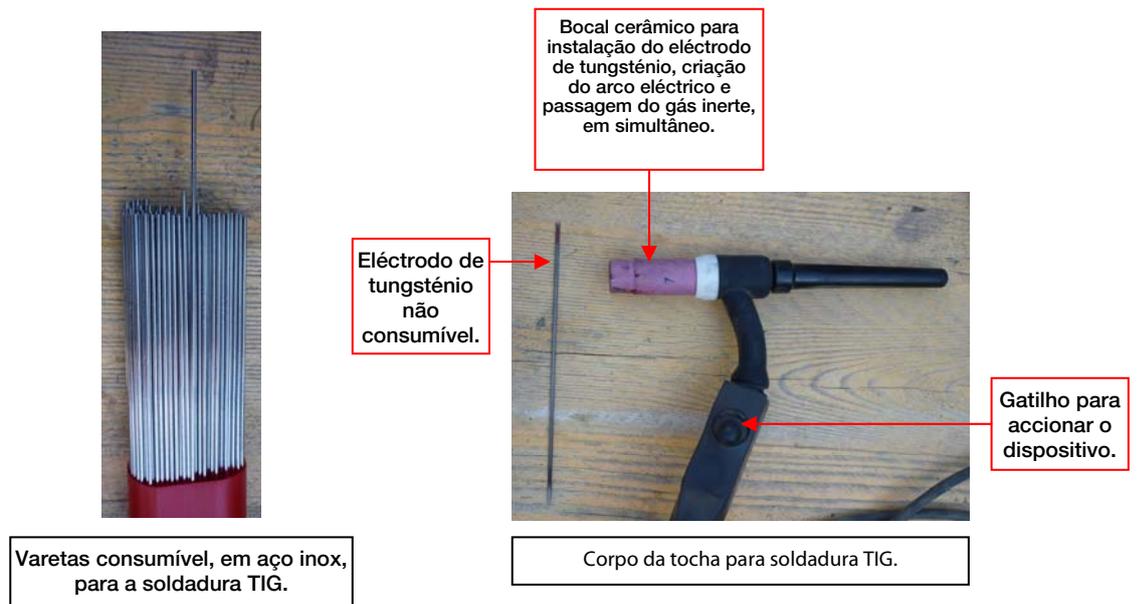
Corda para remoção dos cilindros de espuma para o isolamento interior com o gás, e da mangueira de injeção do gás.



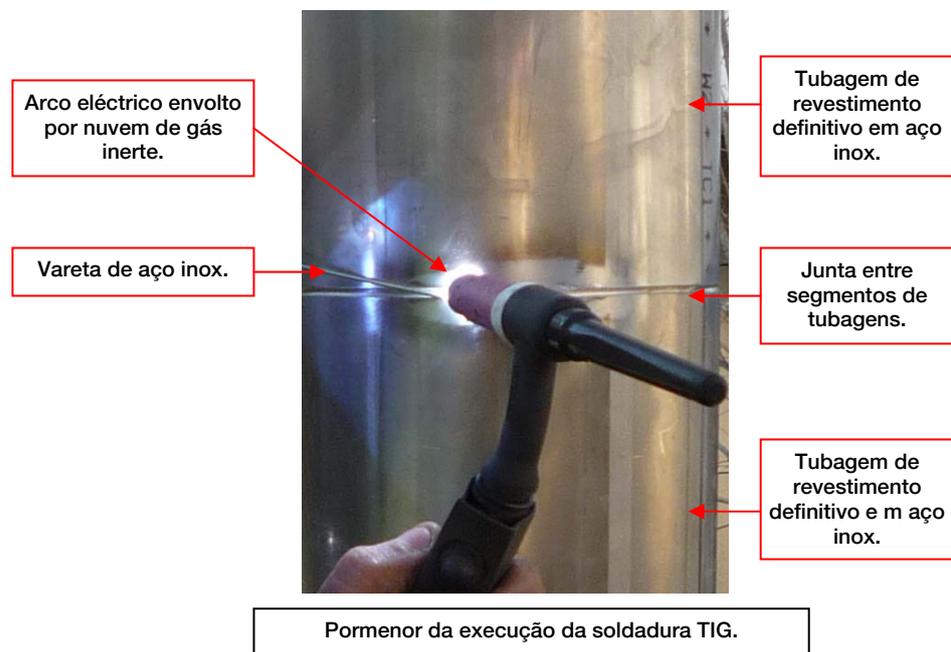
Garrafas de gás inerte para a soldadura TIG.

Dispositivo para isolamento do gás inerte no interior da tubagem a soldar.

- as varetas consumíveis, em aço inox, a aplicar na soldadura, devem ser do mesmo tipo de aço inox das tubagens a soldar;



- o equipamento de soldagem deverá ser de qualidade e apropriado para trabalhos em aço inox, para garantir uma soldadura uniforme, contínua e sem ressaltos significativos ou acumulações de solda no interior da junta de soldadura;



- o pessoal técnico encarregue da operação de soldagem deverá ser especializado em soldaduras em aço inox, devidamente credenciado e com reconhecida experiência.



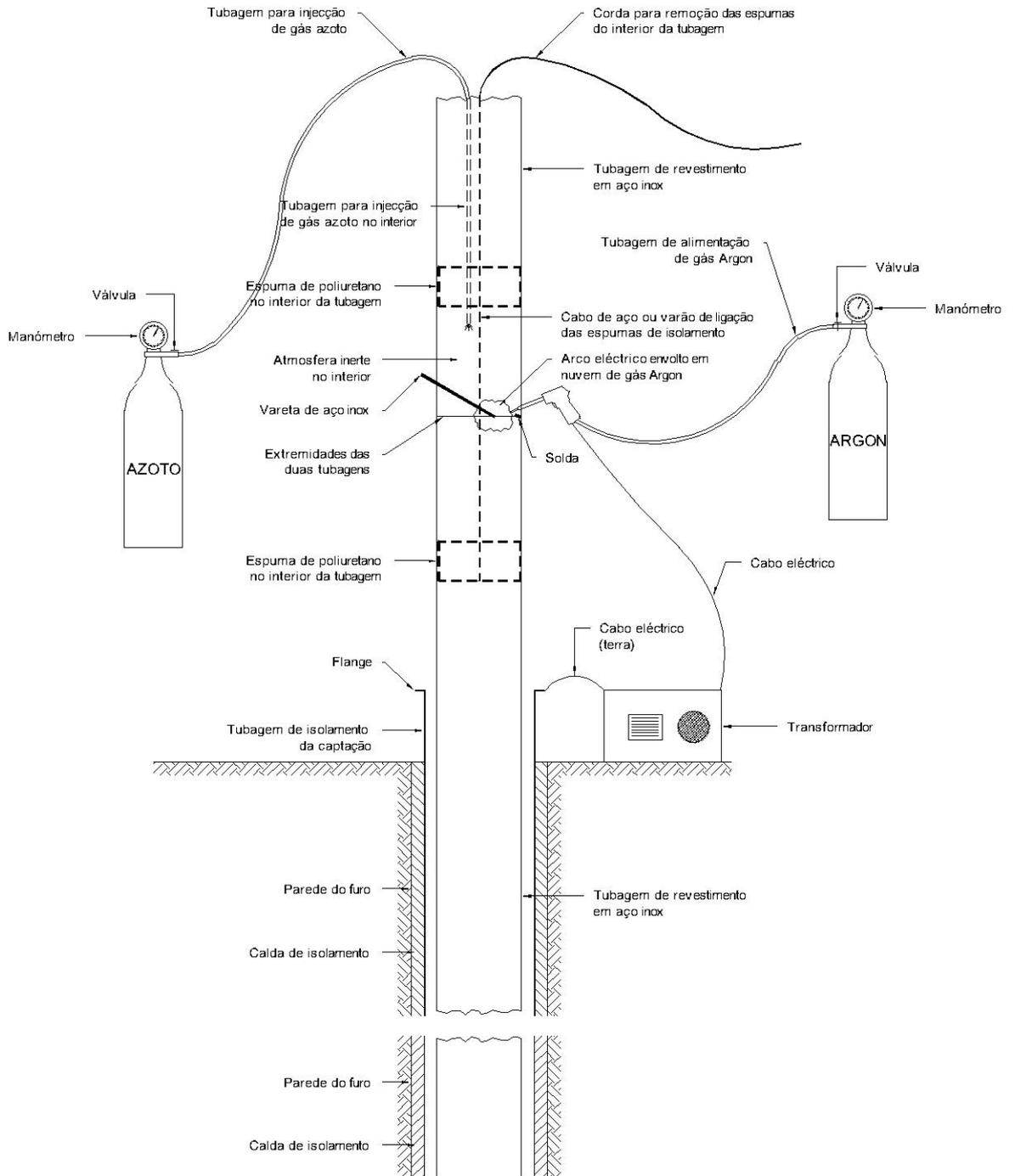
Exemplo de excerto de um cordão de soldadura entre segmentos de tubagem.

A soldadura das tubagens de aço inox deverá ser realizada de acordo com a metodologia designada por TIG (Tungsten Inert Gás), que se poderá traduzir como soldadura por arco eléctrico com eléctrodo de tungsténio em nuvem de gás inerte. Este método consiste na criação de um arco eléctrico com recurso a um eléctrodo de tungsténio. Convém realçar que este eléctrodo de tungsténio não é consumido neste processo, sendo apenas utilizado para a génese do arco eléctrico. Este arco eléctrico criado junto às peças a soldar origina a fusão de uma vareta de aço inox e de uma pequena parte do aço dos bordos dos tubos. A zona do arco eléctrico é envolta, em simultâneo, por uma nuvem de gás inerte (árgon ou hélio) que é injectado pelo orifício do eléctrodo de tungsténio, de modo a que a fusão e posterior solidificação dos metais envolvidos se faça sempre em ambiente inerte impedindo a sua oxidação. O gás inerte é injectado enquanto se cria o arco eléctrico, devendo ser mantido algum tempo após a extinção do arco eléctrico de modo a que a solidificação do metal se faça em atmosfera inerte. No caso das tubagens de revestimento de uma captação haverá que garantir que a zona interior do furo junto ao sector a soldar seja também mantida em atmosfera inerte, para impedir a oxidação, na parte interior da tubagem, dos materiais fundidos no decurso da soldadura, isto é, para criar também no interior da tubagem uma nuvem de gás inerte que impeça a oxidação da soldadura no lado interior da tubagem. Assim, torna-se necessário injectar gás inerte na parte interior da tubagem no sector a soldar. Como as tubagens apresentam por vezes elevada extensão torna-se necessário tamponar, temporariamente, os sectores interiores da tubagem de revestimento, acima e abaixo da zona a soldar, de forma a evitar grandes consumos e desperdícios de gás inerte, com custos significativos. O tamponamento do sector interior a soldar pode ser conseguido através da inserção, no interior das tubagens a soldar, de espumas cilíndricas com o diâmetro interno do furo. Estas espumas são fixas entre si por uma vareta metálica. Com recurso a uma corda que é introduzida pela base da tubagem superior, procede-se ao posicionamento das espumas. Juntamente com as espumas e com a corda é também inserida uma mangueira para injeção do gás inerte no espaço limitado pelas espumas. As espumas devem ficar posicionadas a uma distância da zona a soldar em que a temperatura do metal, durante todo o período de soldadura, não seja elevada, para evitar que colem ou derretam no interior da tubagem de aço. Antes de se iniciar a soldadura deverá proceder-se à injeção do gás inerte no interior da tubagem a soldar, no espaço entre as espumas de isolamento. Após a conclusão da totalidade do cordão da soldadura e do arrefecimento do metal, procede-se à remoção das espumas e da mangueira de injeção do gás puxando a corda que suspende as espumas, pelo topo da tubagem de revestimento.

Não devem ser realizadas soldaduras entre tubagens de revestimento com recurso ao método de soldadura com eléctrodo revestido (SER) ou soldadura manual com arco eléctrico, em que não se aplica qualquer tipo de gás de protecção, sob pena das soldaduras serem facilmente deterioradas quer por oxidação quer por actividade bacteriana.

A má execução das soldaduras entre tubagens topo a topo aumenta a sua susceptibilidade à corrosão e facilita a fixação preferencial de ferro bactérias nas juntas das soldaduras transversais das tubagens de aço inox, conduzindo à rápida degradação das mesmas, tal como

se ilustrou anteriormente, comprometendo as características de estanquicidade daqueles sectores, a qualidade da água e a própria integridade estrutural da tubagem de revestimento.



Esquema do dispositivo para a soldadura TIG entre dois segmentos de tubagens de revestimento final, em aço inox.



Buracos decorrentes da deficiente soldadura da junta entre troços da tubagem

Fotografia de endoscopia – Buracos na zona da junta entre troços da tubagem de revestimento em aço inox, resultantes de inadequada preparação das superfícies e deficiente soldadura. Vista lateral.

Os trabalhos de soldagem, quando mal executados, podem originar buracos ao longo das juntas, permitindo a entrada de águas indesejadas nestes sectores. Além disso, as soldaduras mal realizadas, com buracos, torna susceptível a rotura da coluna naqueles sectores mal conectados, com a eventual queda de parte da mesma no interior do furo aquando ainda da sua descida.



Intensa deposição de sais minerais devido a infiltração de água muito mineralizada.

Buraco nas imediações da zona da soldadura da junta entre troços de tubagem de revestimento, responsável pela infiltração de água muito mineralizada para o interior do furo.

Fotografia de endoscopia – Buraco na zona da soldadura, através do qual ocorre infiltração de água muito mineralizada, que não deveria entrar no furo, a qual ascende na captação originando os depósitos de sais imediatamente acima do buraco. Vista lateral.

7.6.1.2.3 – Revestimento definitivo em PVC

7.6.1.2.3.1 – Características gerais

As tubagens em PVC devem ser específicas para o encamisamento de furos, não devendo ser nunca aplicadas tubagens em PVC do tipo das condutas de drenagem pluviais, de esgotos ou de canalizações correntes de água, utilizadas em obras de construção civil. Aqueles materiais de drenagens e condutas correntes não apresentam as características de resistência minimamente adequadas às pressões a que as paredes das tubagens de revestimento dos furos de captação são solicitadas. As tubagens de PVC aplicadas em drenagens pluviais, de esgotos, ou de redes de abastecimento de água, apresentam boas características de resistência à tracção para os fins a que se destinam, uma vez que se referem à pressão da água no interior do furo, no sentido do interior para o exterior, sendo muito frágeis em termos de resistência à compressão, leia-se a pressão exercida sobre as paredes exteriores da tubagem para o interior. Por outro lado, aquelas tubagens são colocadas a pequenas profundidades nas obras de construção civil, pelo que a sua resistência à compressão é muito diminuta, não devendo ser aplicados em furos de captação de água. Quando aquelas tubagens são aplicadas em furos de captação de água, mesmo de pequena profundidade, é frequente deformarem-se quer devido à pressão dos terrenos, quer por efeito do aquecimento das cimentações, não se conseguindo por vezes descer a bomba submersível no furo devido ao seu estrangulamento ou à torção e deformação da coluna.

As tubagens em PVC aplicadas em furos de captação de água, especificamente fabricadas para o efeito e submetidas a testes de qualidade, possuem características resistentes muito superiores às referidas tubagens de drenagem ou de canalização de águas em PVC.

Os catálogos dos fabricantes das tubagens em PVC destinadas para furos de captação de água apresentam, em geral, as características dos diferentes tipos de tubagens que dispõem, em termos de diâmetros exteriores, espessuras, diâmetros interiores, resistência à compressão, resistência à tracção, diâmetros da boca, comprimentos disponíveis e tipos de uniões.

O PVC, tal como o aço inox, também apresenta vantagens e desvantagens, as quais são adiante inventariadas.

7.6.1.2.3.2 – Vantagens

As principais vantagens na utilização de tubagens de PVC como coluna de revestimento de furos de captação são as seguintes:

- custo muito inferior ao das tubagens em aço inox;
- manuseamento e transporte mais fácil devido ao menor peso;
- construção da coluna de revestimento de forma mais fácil e rápida;
- não é susceptível a fenómenos de oxidação ou corrosão nem serve de alimento ou fonte de energia a ferro bactérias;

7.6.1.2.3.3 – Desvantagens

Em termos de desvantagens do PVC contam-se as seguintes:

- a sua resistência à compressão é muito menor do que a do aço inox, podendo não ser aplicado a grandes profundidades devido às elevadas pressões confinantes que podem ultrapassar a sua resistência à compressão;
- implica paredes da tubagem de revestimento mais grossas do que as paredes de uma tubagem em aço inox para o mesmo cenário e profundidades, podendo implicar diâmetros de perfuração superiores;
- é muito mais deformável e frágil do que o aço inox, pelo que não suporta acções mecânicas intensas no seu interior durante os processos de limpeza e desenvolvimento, sob pena de ocorrerem roturas;
- apresenta limitações em termos de temperaturas da água, não sendo recomendável a sua aplicação em água quentes a muito quentes, sob pena de deformação, ou de libertação ou migração de compostos orgânicos da sua composição para a água do furo;
- as cimentações do espaço anular devem ser realizadas de forma cuidadosa e com extensões reduzidas, uma vez que o aumento de temperatura originado durante a cura da calda de cimento pode implicar deformações muito significativas na tubagem, em especial quando o segmento cimentado é extenso e o espaço anular generoso, o que também implica uma pressão significativa originada pelo próprio peso da coluna de calda de cimento e um aquecimento apreciável, factores que podem contribuir para promover a deformação da tubagem de PVC na base do troço cimentado;
- requer maiores cuidados aquando da introdução do seixo do maciço drenante pois a descida abrupta, ou brusca, de uma grande quantidade de seixo pode provocar fissuração ou rotura nas paredes deste tipo de tubagem;
- o seu armazenamento e transporte requer maiores cuidados pois o empilhamento a granel, bem como determinados impactos durante o transporte podem originar fissuras ou mesmo roturas nas tubagens;
- a permeabilidade do plástico é inferior à do aço pelo que pode permitir a passagem de compostos orgânicos voláteis provenientes de águas não aproveitadas, situadas em zonas adjacentes ao tubo fechado e cimentado, mas que mesmo assim conseguem penetrar para o interior da tubagem de PVC devido à insuficiente estanquidade do PVC em relação àqueles compostos;
- o PVC parece também ser permeável à presença de certos compostos ou elementos químicos existentes nos terrenos adjacentes, mesmo em zonas isoladas e cimentadas da coluna de revestimento.



Tubo fechado em PVC.

Tampa da base da coluna de revestimento em PVC.



Aquando da selecção do diâmetro das tubagens deverá ser tido em linha de conta o diâmetro exterior máximo na zona de união, que é superior neste sector ao do resto da tubagem.

As tubagens devem ser adquiridas junto de fornecedores que sejam certificados pela norma ISO 9001 de modo a que possuam os certificados referentes à qualidade das tubagens para uso alimentar, os quais devem ser solicitados.

Apesar de não existirem normas nacionais ou europeias sobre as características composicionais e de fabrico que estas tubagens devem de apresentar, será recomendável verificar se as mesmas cumprem os requisitos das seguintes normas internacionais e americanas sobre tubagens em PVC a aplicar em águas, nomeadamente:

- ISO 1163-1:1995 - *Plastics - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) moulding and extrusion materials - Part 1: Designation system and basis for specifications.*
- ISO 1163-2:1995 - *Plastics - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) moulding and extrusion materials - Part 2: Preparation of test specimens and determination of properties.*
- DIN 2999 - *Whitworth Tapered Pipe Thread.*
- DIN 4925-1:1999 - *Threaded unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) water well filter pipes and casings - DN 35 to DN 100 pipes with Whitworth pipe thread.*
- DIN 4925-2:1999 - *Threaded unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) water well filter pipes and casings - DN 100 to DN 200 pipes with trapezoidal thread.*
- DIN 4925-2:1999 - *Threaded unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) water well filter pipes and casings - DN 250 to DN 400 pipes with trapezoidal thread.*
- DIN 8061: 2009 - *Unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) pipes - General quality requirements and testing.*
- NSF / ANSI 14 – 2010a - *Plastics piping system components and related materials.*

- NSF / ANSI 61 – 2011 - Revises NSF/ANSI 61-2010a Drinking water system components - Health effects.
 - ASTM F480-06be1 - Revises ASTM F480-06b Standard Specification for Thermoplastic Well Casing Pipe and Couplings Made in Standard Dimension Ratios (SDR), SCH 40 and SCH 80.
 - ASTM D1784-11 - Revises ASTM D1784-08 Standard Specification for Rigid Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Compounds and Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Compounds.
 - ASTM D1785-06 - Revises ASTM D1785-05 Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe, Schedules 40, 80, and 120.
 - ASTM D5092-04(2010)e1 – Revises ASTM D5092-04e1 Standard Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells.
- BS EN 1452-1:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). General.
- BS EN 1452-2:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Pipes.
- BS EN 1452-3:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Fittings.
- BS EN 1452-4:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Valves and ancillary equipment.
- BS EN 1452-5:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Fitness for purpose of the system.

7.6.1.2.3.4 – Ligações entre as tubagens em PVC

A união entre tubagens de PVC da coluna de revestimento deverá ser realizada por meio de roscas embutidas na própria estrutura das tubagens.

Não devem ser utilizados acessórios, do tipo uniões em PVC ou metálicas, para estabelecer a ligação entre as tubagens. Estes acessórios apenas aumentam o número de reentrâncias na tubagem e incutem menor resistência ao conjunto da tubagem de revestimento.



Pormenor dos tops das tubagens em PVC com ligações roscadas embutidas.



Vista interior da ligação completa, topo a topo, entre dois segmentos de tubagens em PVC com ligações roscadas, observando-se ligeiro ressalto na zona da união.

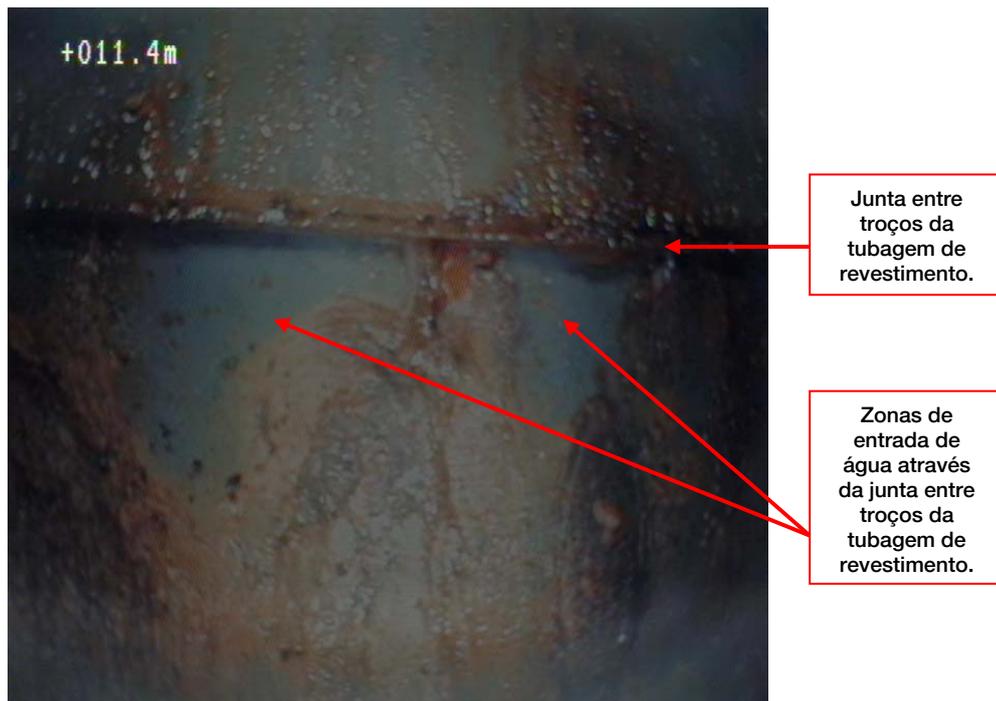
O passo de rosca deve ser largo, mas deve garantir o completo aperto e a total estanquidade da zona de união entre tubagens, de modo que na parte interior as tubagens fiquem topo a topo, com o menor ressalto possível. Na base do interior da zona roscada é vantajoso a aplicação de junta de borracha tipo “O-ring”, de modo a aumentar a estanquidade deste sector. Poderá também ser aplicada manga retráctil na zona exterior das juntas, para garantir um reforço de estanquidade, em termos de evitar a entrada de calda de cimento aquando da selagem de isolamento. O plástico que constitui a manga retráctil deverá ser comprovadamente de qualidade alimentar.



Junta entre troços da tubagem de revestimento

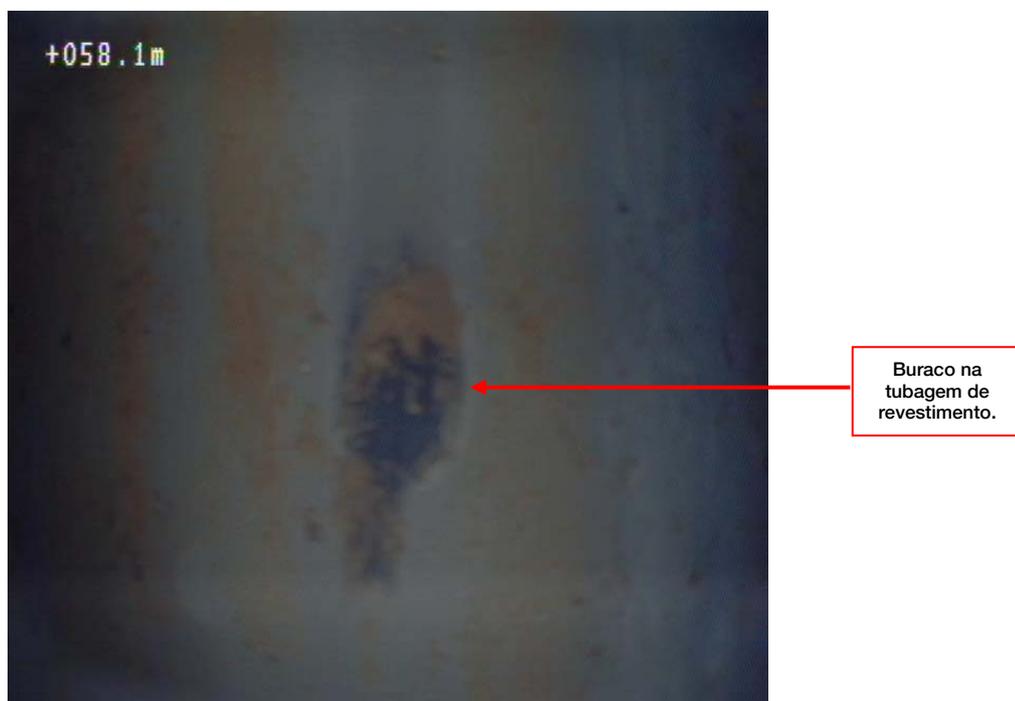
Resíduos acumulados abaixo da junta, resultantes da entrada de água neste sector.

Fotografia de endoscopia – Acumulação de resíduos resultantes da entrada de água através de união roscada mal apertada, sem o-ring e sem manga retráctil exterior. Vista lateral



Fotografia de endoscopia – Entradas de água através de através de união roscada mal apertada, sem o-ring e sem manga retráctil exterior. Vista lateral.

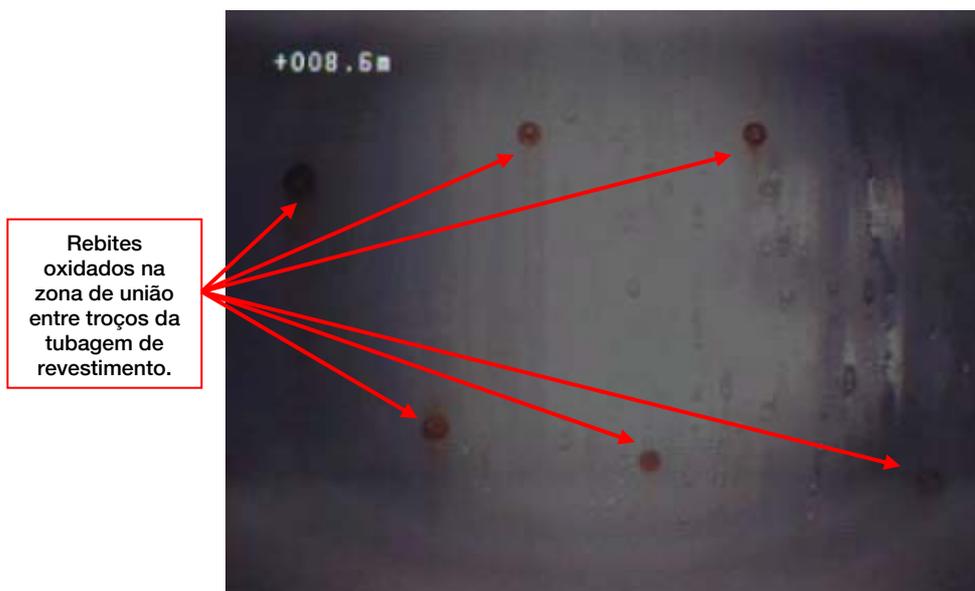
Não deverão ser adicionados quaisquer sistemas de fixação entre as tubagens no sector das roscas através de parafusos ou de rebites, nem tubagens abocardadas sem roscas. Os parafusos ou rebites tendem a ser completamente corroídos pelas águas deixando lugar a um pequeno buraco que constitui um trajecto privilegiado para a entrada de águas indesejadas num sector que deveria ser completamente estanque.



Fotografia de endoscopia – Buraco na tubagem de revestimento, resultante da oxidação de um rebite aplicado localmente . Vista lateral.

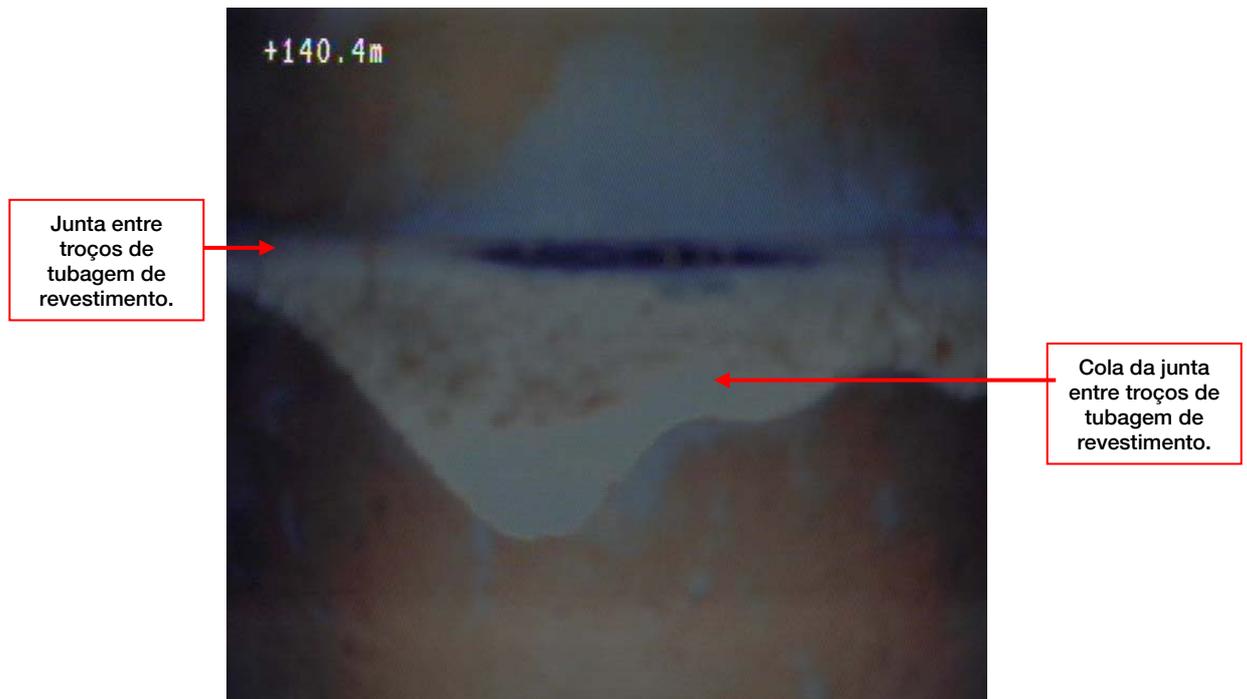


Fotografia de endoscopia – Diversos buracos na tubagem de revestimento, resultantes da oxidação de rebites aplicados localmente. Observava-se um importante fluxo de entrada de água através destes buracos, originando grande turbulência das partículas em suspensão na água. Este sector de tubo fechado deveria impedir a entrada de águas destes níveis aquíferos. Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Rebites oxidados na zona de união entre troços de tubagem de revestimento em PVC poucos dias após a conclusão da construção da captação. Vista lateral.

Também não é recomendável a aplicação de colas nas roscas. As colas tendem a ser arrastadas para o interior do tubo durante o aperto, acumulando-se naquele sector. Além de constituir um ressalto propício à acumulação de partículas ou mesmo bactérias, a cola não constitui um elemento recomendável em contacto com a água devido à presença de diversos compostos orgânicos na sua composição, de elevada toxicidade, prejudiciais à saúde.



Fotografia de endoscopia – Entrada de cola para o interior do furo na zona da união .
Vista lateral.

Não se recomenda a utilização de tubos abocardados, sem rosca, em que a união dos tubos é apenas garantida pela colagem e rebitagem do sector terminal das tubagens, pelas razões enunciadas anteriormente.



Exemplo de tubagem em PVC, abocardada, sem ligação roscada no topo, não recomendável como tubagem de revestimento definitivo, em furos de água mineral.

7.6.1.3 – Opção quanto ao tipo de material de revestimento definitivo

A opção quanto ao tipo de material a utilizar como tubagem de revestimento, aço inóx ou PVC, num furo de captação de água mineral ou de nascente, depende de um conjunto de diversos factores cuja ponderação deverá ser cuidada tendo em conta os prós e os contra apresentados, e as características do projecto, das formações e da própria água, decisão esta que cabe ao consultor responsável pelo projecto da captação.

De entre os factores que influenciam a decisão entre aço ou PVC contam-se os seguintes:

- profundidade a atingir pela coluna de revestimento;
- temperatura da água;
- diâmetros do furo;
- dimensão do espaço anular;
- extensões dos sectores a cimentar;
- tipo de água em termos de agressividade e de sais minerais;
- presença de ferro bactérias no aquífero a captar.

7.6.1.4 – Tubo ralo

7.6.1.4.1 – Aspectos gerais

Os tubos ralos correspondem a tubagens de revestimento com aberturas para permitir a entrada de água do aquífero para o interior do encamisamento da captação. As aberturas destes tubos, por onde entra a água, são designadas de ralos, daí o nome de tubo ralo para os sectores da tubagem de revestimento que possuem ralos. Este tipo de tubagens são colocadas ao longo da tubagem de encamisamento, nos sectores em frente aos níveis aquíferos que se pretendem captar.

Nalguns casos, tal como se referiu anteriormente, não são aplicados tubos ralos. Tratam-se de furos executados em maciços rochosos duros a muito duros, pouco alterados a são, e com reduzida fracturação, factores que tornam as paredes do furo autoportantes, isto é, estáveis, sem risco de colapso. Este tipo de furo, anteriormente já referenciado, é conhecido com as designações de furos em Open-hole, furos sem revestimento ou encamisamento, ou furo nu.

7.6.1.4.2 – Características dos ralos

7.6.1.4.2.1 – Área aberta

A área de abertura dos ralos por metro linear, corresponde ao somatório das áreas dos ralos que existem na superfície do tubo ralo ao longo de uma extensão de um metro do mesmo. Esta área depende do número de orifícios existentes ao longo do tubo e das dimensões da respectiva abertura. Os fabricantes apresentam nas respectivas tabelas técnicas dos tubos ralos as áreas totais das aberturas por metro linear.

A totalidade da área aberta dos ralos condiciona a velocidade da água aquando da sua entrada na captação. Velocidades elevadas implicam variações de pressão significativas à entrada dos tubos ralos que podem conduzir à precipitação de sais minerais devido à variação da pressão, contribuindo para uma rápida colmatação dos ralos. Uma velocidade muito baixa, devido a insuficiente área de abertura total linear, reduz a eficiência da captação. A velocidade de escoamento nos ralos deverá ser da ordem dos 30 mm/s. A velocidade de entrada da água depende também das características hidráulicas do maciço e da granulometria do maciço drenante.

A totalidade da área dos tubos ralos deverá corresponder a, no mínimo, duas vezes a área da secção ortogonal interna dos tubos ralos.

Em geral, os furos com ralos com maiores área de aberturas de ralos por metro linear são mais fáceis de desenvolver do que os furos com menores áreas de aberturas por metro linear.

7.6.1.4.2.2 – Caudal específico dos tubos ralos

A área aberta por metro linear também influencia o caudal de entrada por metro linear de tubo ralo. Este caudal específico dos ralos, em termos de litros/segundo/metro, pode ser calculado, sendo por regra indicado pelo fabricante nas tabelas técnicas dos diversos tipos de ralos existentes no mercado. A selecção dos ralos deverá contemplar também o caudal específico estimado para a captação no final dos trabalhos.

7.6.1.4.2.3 – Resistência à compressão

Os tubos ralos devem possuir resistência à compressão compatível com as tensões confinantes exercidas pelos terrenos adjacentes para as profundidades a que forem colocados, assim como pela selagem de isolamento envolvente ao tubo. Os valores de resistência à compressão constam, por norma, nas tabelas técnicas dos tubos ralos fornecidas pelos fabricantes.

7.6.1.4.2.4 – Oxidação e corrosão

A selecção do tipo de tubo ralo deverá ter em consideração as características das águas a captar e a susceptibilidade dos mesmos à oxidação ou corrosão em contacto com as referidas águas. Deverão ser resistentes à oxidação e corrosão.

7.6.1.4.2.5 – Espessura dos rasgos

Deverão possuir uma espessura de abertura adequada para permitir a entrada de água para o interior do tubo, mas impedir a saída do material do maciço drenante envolvente. São várias as dimensões dos rasgos ou das aberturas dos tubos ralos, sendo por regra apresentadas nas tabelas técnicas do fabricante dos mesmos.

A espessura das aberturas dos rasgos, ou o seu diâmetro relativo, devem ser adequada à granulometria do material que constitui o maciço drenante e à granulometria do próprio sistema aquífero, no caso do mesmo ser constituído por material detrítico.

Os furos com ralos com rasgos mais largos são, em geral, mais fáceis de limpar e de desenvolver, do que os furos rasgos mais finos.

7.6.1.4.2.6 – Geometria dos ralos

A geometria dos rasgos influencia o risco de entupimento dos mesmos por material fino ou pelas próprias lamas de estabilização. Ralos com grande espessura de parede podem facilitar fenómenos de colmatação, tal como adiante se relata de forma mais detalhada, aquando da descrição dos tipos de ralos. Os tubos ralos com reduzida parede, elevada continuidade e grande área aberta são mais fáceis de limpar e facilitam o desenvolvimento da captação.

7.6.1.4.2.7 – Facilidade de limpeza e desenvolvimento da captação

A estrutura e geometria dos rasgos devem permitir uma fácil limpeza dos ralos e proporcionar também um adequado e eficaz desenvolvimento do maciço drenante e do aquífero envolvente. Ralos muito fechados, ou muito espessos dificultam, ou mesmo impossibilitam, uma adequada limpeza e desenvolvimento do maciço drenante e do aquífero envolvente, em especial quando são utilizadas lamas densas durante a furação para estabilização das paredes do furo.

7.6.1.4.3 – Tipo de tubos ralos

7.6.1.4.3.1 – Aspectos gerais

Os tubos ralos mais utilizados são, tal como os tubos fechados anteriormente referidos, em aço inox ou em PVC. As vantagens e desvantagens na utilização de aço inox ou PVC são as mesmas do que as que foram indicadas para os tubos fechados.

Os aspectos relacionados com os tipos de uniões entre tubos ralos e entre tubos ralos e tubos fechados são idênticos aos que se descreveram anteriormente para tubos fechados.

Os rasgos ou fendas, do tubo ralo, podem apresentar diversos tipos de configurações, sendo os mais utilizados em Portugal, os seguintes:

- ralos de rasgos horizontais
- ralos com rasgos verticais em ponte
- ralos com rasgos verticais em arco
- ralos de fio trapezoidal, ou triangular, contínuo em espiral

A caracterização destes diferentes tipos de ralos será desenvolvida mais adiante.

Não se recomenda a aplicação de tubos ralos com perfurações artesanais baseados em cortes aleatórios e dispersos realizados com rectificadora com disco de corte, nem com acetileno, em aço ou em plástico. Também não se deverão aplicar ralos realizados com perfurações rudimentares e aleatórias executadas com recurso a berbequins.

A realização de cortes aleatórios enfraquece mais a coluna do que conjuntos de ralos alinhados e agrupados num mesmo segmento da tubagem de revestimento. A execução de cortes executados de forma manual, com dimensões e aberturas irregulares é muito susceptível de facultar a entrada de material do maciço drenante para o interior da captação, colocando em risco a eficiência do próprio maciço drenante.



Fotografia de endoscopia – Ralos artesanais, executados manualmente, em tubagem de PVC. Vista axial.

Por outro lado, as perfurações manuais para a execução de rasgos em aço ou em PVC deixam “rebarbas”, correspondentes a pequenas saliências e conjunto de fragmentos acumulados na parte interior da tubagem de difícil remoção, que são favoráveis à fixação e acumulação de microorganismos.



Fotografia de endoscopia – Ralos muito artesanais abertos com disco de rectificadora, em tubagem de aço inox. Vista lateral.

Descrevem-se em seguida os principais tipos de ralos industriais mais utilizados em Portugal na construção de furos de captação de água mineral.

7.6.1.4.3.2 – Tubos ralo com fiadas de rasgos horizontais

7.6.1.4.3.2.1 – Características

Tratam-se de tubos ralo constituídos por fendas planas ortogonais às paredes dos tubos, alinhadas regularmente, com igual comprimento e abertura, distribuídas ao longo de dois, três ou mesmo quatro fiadas nas paredes dos tubos. Este tipo de ralos são habitualmente em PVC, embora existam também em aço inox mas com menor frequência de aplicação. Os rasgos estão disponíveis com uma vasta gama de aberturas, assim como de espessura da parede dos tubos.

Tubo ralo em PVC, com superfície exterior estriada.



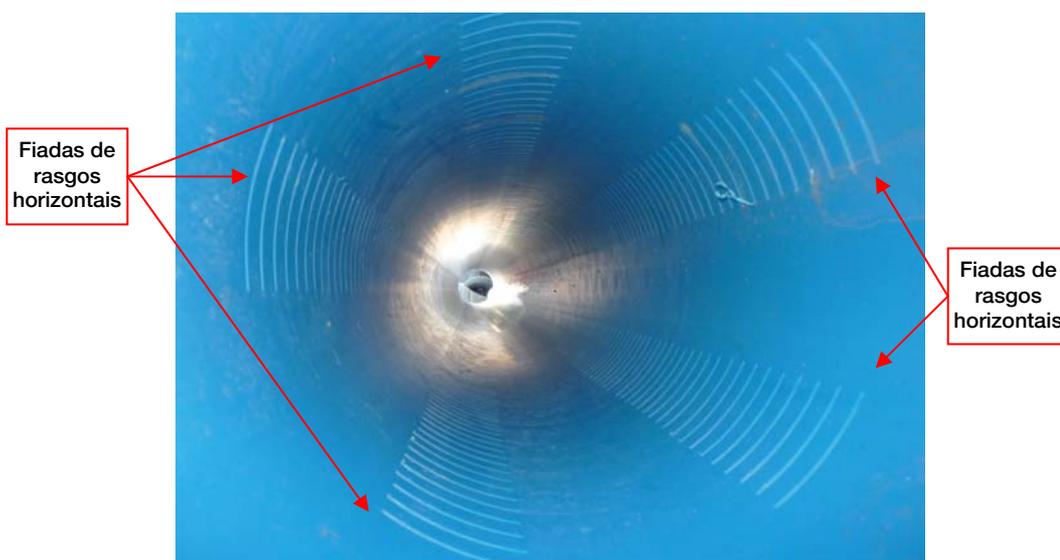
Tubo ralo em PVC, com superfície exterior lisa.



Pormenor dos rasgos horizontais na superfície exterior do tubo ralo.



Vista exterior de tubos ralo industriais novos, em PVC, com rasgos horizontais



Fiadas de rasgos horizontais

Fiadas de rasgos horizontais

Vista interior de um tubo ralo industrial novo, em PVC, com cinco fiadas lineares de rasgos horizontais.



Fotografia de endoscopia – Tubo ralo com rasgos horizontais, em PVC, limpo. Vista lateral.

7.6.1.4.3.2.2 – Vantagens e desvantagens

A espessura das paredes deste tipo de tubos ralos em PVC variar em geral desde 0,5 cm a cerca de 2 cm, originando assim rasgos com extensões horizontais muito significativas.

Esta geometria não facilita a saída de material fino para o interior da captação, sendo difícil a sua limpeza e desenvolvimento quando se observa uma intensa colmatação do maciço drenante devido ao uso descontrolado de lamias de estabilização de densidade apreciável.

Atendendo às dificuldades relatadas associadas às fases de limpeza e desenvolvimento, será preferencial a sua aplicação em furos realizados sem recurso a lamias de estabilização ou então só nos casos em que quando estas são aplicadas a sua densidade se mantêm muito baixa.



Fotografia de endoscopia – Rasgos de tubo ralo totalmente colmatado com acumulação intensa das lamias de estabilização. Vista lateral.

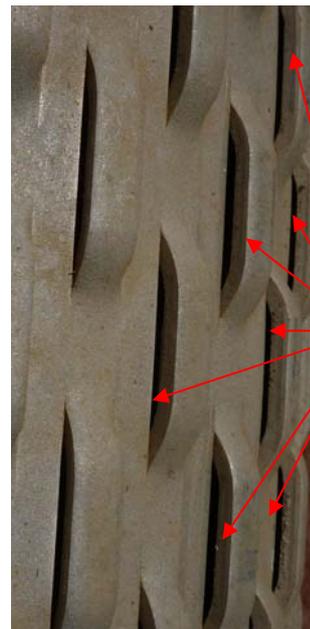
7.6.1.4.3.3 – Ralos verticais em ponte

7.6.1.4.3.3.1 – Características

Tratam-se de ralos com pequenas aberturas paralelos verticais em que os segmentos entre cortes se encontram salientes para o exterior da tubagem, razão pela qual a designação de “em ponte”. As aberturas associadas às das pontes permitem a entrada de água no furo. São apenas construídos em tubagens de aço inox ou em ferro, embora a aplicação em furos de água mineral esteja limitada à versão inox. Possuem diversas espessuras de rasgos em termos da dimensão das saliências para a parte exterior da tubagem.

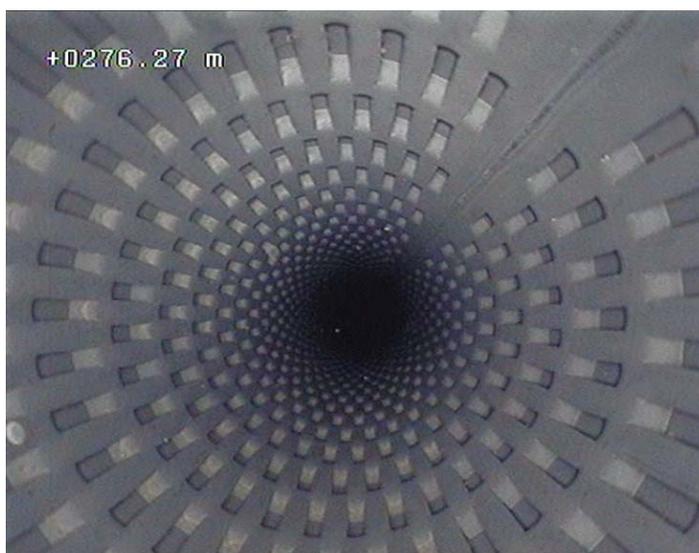


Vista exterior de tubo ralo com rasgos verticais, em ponte.

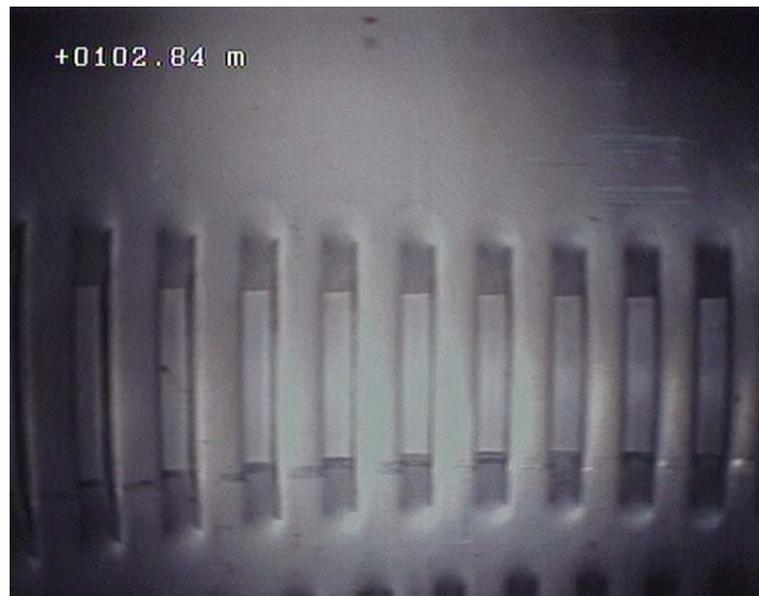


Rasgos verticais, com estrutura em ponte.

Pormenor dos ralos do tubo ralo com rasgos verticais, em ponte.



Fotografia de endoscopia – Tubo ralo limpo, em aço inox, com rasgos em ponte, aplicado num furo. Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Tubo ralo limpo, em aço inox, com rasgos em ponte, aplicado num furo. Vista lateral.

7.6.1.4.3.3.2 – Vantagens e desvantagens

O fluxo de entrada da água processa-se lateralmente e não radialmente, devido à forma das saliências que possuem para o exterior. Esta situação dificulta as acções de limpeza do maciço drenante e o desenvolvimento do aquífero envolvente uma vez que não existe acção directa, leia-se também radial, sobre o maciço drenante por efeito de ar ou água sob pressão aplicados durante as operações de limpeza, devido à geometria dos ralos e à presença das saliências. Nas fotografias apresentadas não é possível observar os grãos que constituem o maciço drenante devido à estrutura dos ralos e à posição das saliências, facto que dificulta a injeção de ar ou água para o interior do maciço drenante e conseqüentemente para o aquífero. Esta geometria também não facilita a saída de material fino para o interior da captação permitindo o desenvolvimento da colmatação do maciço drenante. São mais aplicados em aquíferos sedimentares com granulometrias grosseiras e em aquíferos associados a formações rochosas com reduzida percentagem de material fino de alteração das fracturas ou de meteorização. Atendendo às dificuldades relatadas associadas às fases de limpeza e desenvolvimento, será preferencial a sua aplicação em furos realizados sem recurso a lamias de estabilização ou então quando estas são aplicadas a sua densidade se mantém muito baixa.

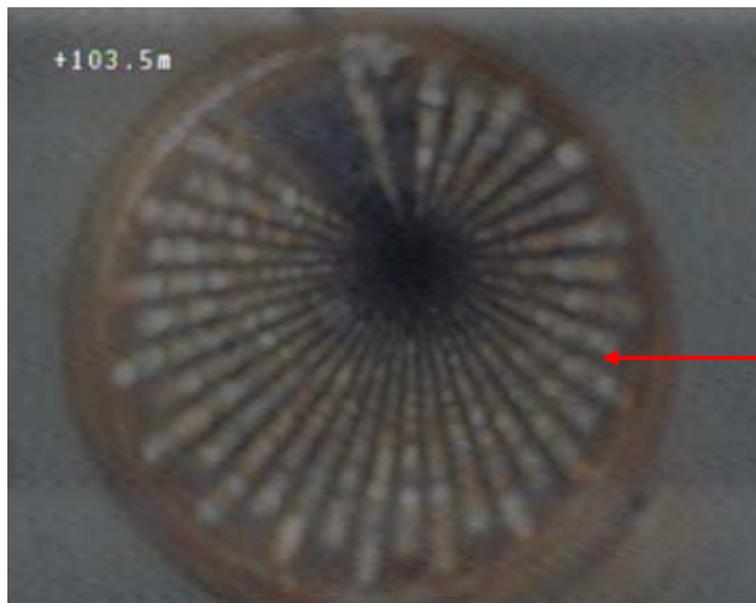
7.6.1.4.3.4 – Ralos com rasgos verticais ou em arco

7.6.1.4.3.4.1 – Características

Tratam-se de ralos com aberturas verticais, de reduzida extensão, executados em tubagens de aço inox, adequados para maciços rochosos, pouco alterados a sãos ou depósitos detríticos grosseiros.

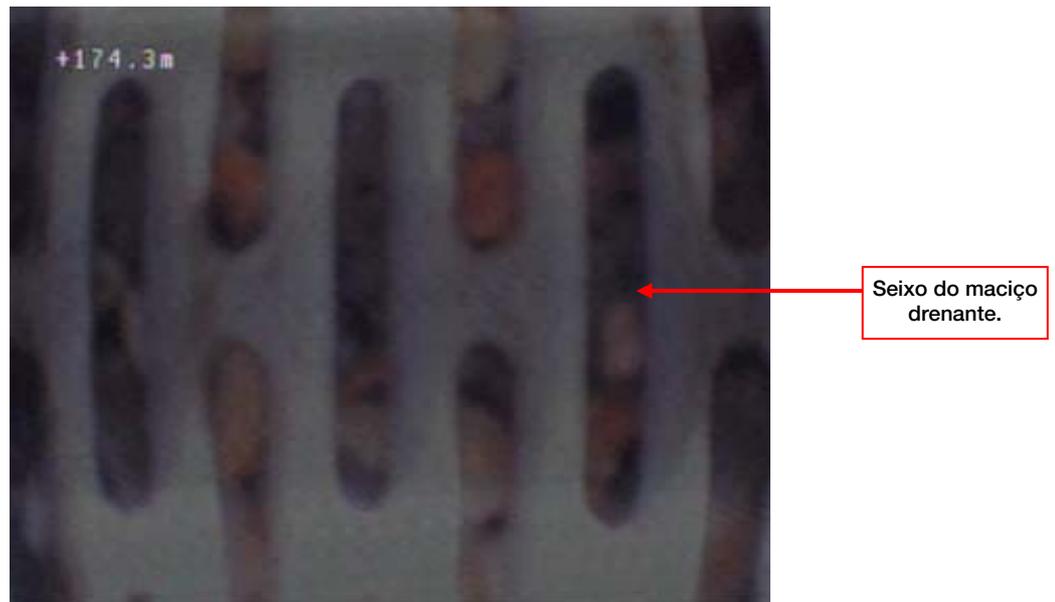


Vista exterior de um tubo ralo novo, em aço inox, com rasgos verticais em arco.



Tubo ralo.

Fotografia de endoscopia – Segmento de tubo ralo com aberturas verticais ou em arco.
Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Pormenor de tubo ralo com aberturas verticais ou em arco, em aço inox, observando-se também o seixo do maciço drenante. Vista lateral.

7.6.1.4.3.4.2 – Vantagens e desvantagens

São apenas produzidos em aço inox podendo o seu custo constituir um importante condicionamento. Em geral as aberturas são médias a elevadas sendo condicionados a formações sedimentares grosseiras a muito grosseiras ou a maciços rochosos, implicando a utilização de material granular no maciço drenante de dimensão generosa.

Nalguns tipos de águas mais agressivas podem apresentar desvantagens no que respeita à corrosão.

Tendo em conta as aberturas significativas que em geral apresentam e a geometria que possuem, permitem uma limpeza e um desenvolvimento do maciço drenante e desenvolvimento do aquífero envolvente, de forma relativamente fácil.

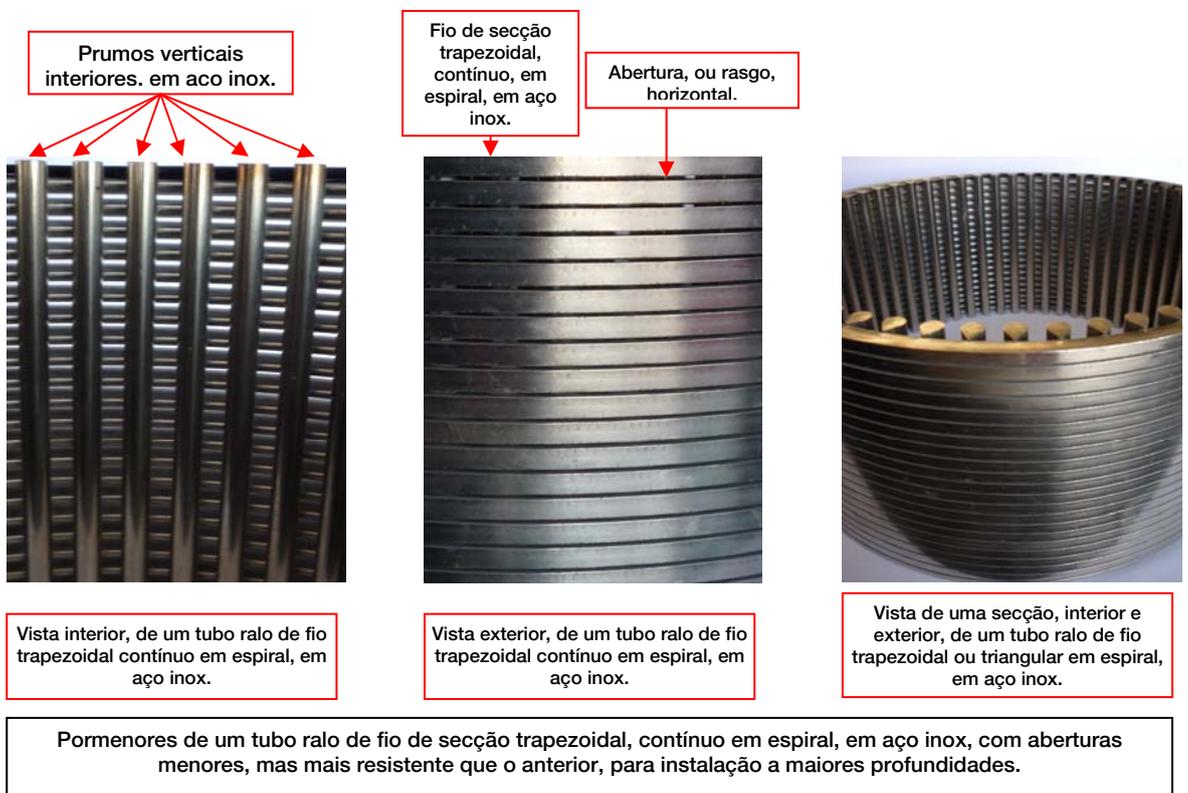
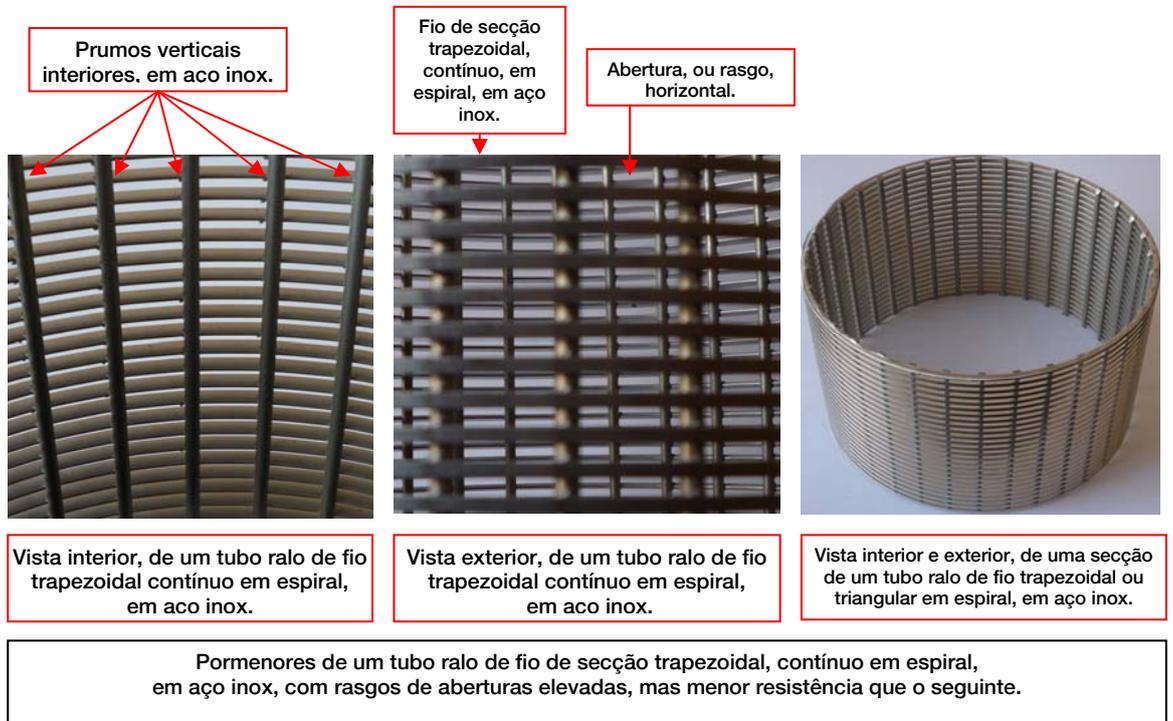
7.6.1.4.3.5 – Ralos de fio trapezoidal ou triangular contínuo em espiral

7.6.1.4.3.5.1 – Características

Tratam-se de ralos que são constituídos por um conjunto de prumos verticais em volta dos quais é enrolado um fio com secção transversal trapezoidal ou triangular, sendo a face lisa do trapézio orientada para o exterior do tubo ralo, enquanto que a face triangular é fixa aos prumos, tal como se ilustra nas fotografias seguintes. Em cada volta de enrolamento do fio é deixada uma pequena distância em relação ao fio da volta anterior, correspondendo este espaço remanescente, à abertura do ralo por onde a água entra na captação. Este enrolamento helicoidal, em torno dos prumos, proporciona uma estrutura cilíndrica com pequenas ranhuras quase contínuas entre os filamentos que a constituem. Convém salientar que a forma no interior da estrutura cilíndrica entre duas fiadas de fio trapezoidal apresenta uma configuração de um “V”, com a concavidade virada para o interior da estrutura. A forma em “V” da secção dos ralos visa facilitar a saída de partículas finas do maciço, que atravessem o maciço drenante, impedindo que as aberturas dos ralos fiquem colmatadas. A menor extensão horizontal que estas aberturas apresentam facilita também a posterior limpeza do maciço drenante e desenvolvimento do aquífero, no caso de se aplicarem lamas de estabilização na fase de perfuração.

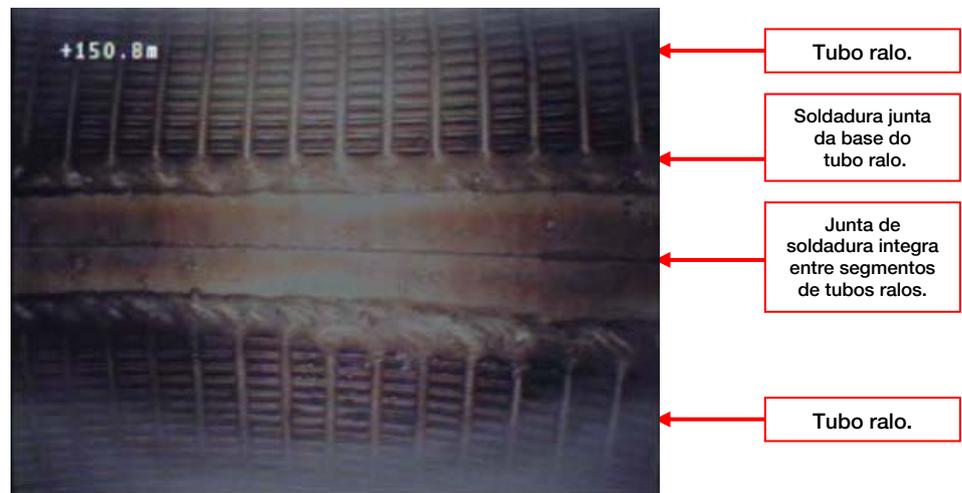
Este tipo de ralo apresenta uma elevada área de abertura de rasgos por metro linear. A elevada abertura dos rasgos por metro linear contribui para facilitar a limpeza do maciço drenante e desenvolvimento do aquífero adjacente.

São também conhecidos como ralos tipo Johnson, da empresa americana Johnson Screens.





Fotografia de endoscopia – Segmento de tubo ralo de fio trapezoidal contínuo, em espiral, em aço inox, tipo Johnson, íntegro e limpo. Vista axial.



Fotografia de endoscopia - Junta de soldadura entre segmentos de tubo ralo em aço inox, tipo Johnson. Vista lateral.

7.6.1.4.3.5.2 – Vantagens e desvantagens

Estes ralos apresentam uma elevada área útil de aberturas por metro linear, uma elevada resistência à compressão, possuem uma reduzida espessura, a geometria das secções evita o seu entupimento, permite uma mais fácil limpeza do maciço drenante e desenvolvimento do aquífero envolvente, proporcionam a passagem de débitos elevados, e a fácil entrada da água para o interior da captação com reduzidas perdas de carga.

O custo destes ralos em aço inox poderá constituir um condicionamento à sua aplicação, no entanto, deverá ponderar-se pela opção do mesmo tipo de ralos em PVC, caso as condições existentes, o tipo de água, a temperatura e profundidade de aplicação, o permitam.

Estes tubos ralos são também fabricados em PVC apenas com algumas pequenas diferenças. Caso se preveja a aquisição destes tubos ralos a um fornecedor e os tubos fechados a outro fornecedor haverá que, previamente, garantir que as dimensões de ambos os tipos de tubos, os passos de rosca e a extensão das zonas roscadas das uniões são compatíveis entre si. Mesmo nas tubagens de aço inox poderão existir pequenas diferenças de diâmetros entre as séries destes tubos ralos fabricados em geral dos Estados Unidos da América ou do Reino Unido, e os

tubos fechados à venda no mercado nacional. Estes tubos ralos, quer em aço inox quer em PVC, têm que ser importados, não se encontrando à venda em Portugal.

7.6.1.4.4 – Localização e extensão dos tubos ralos

Os ralos devem ser colocados em frente aos níveis aquíferos identificados durante a fase de perfuração.

A identificação dos níveis aquíferos a captar deverá ser fundamentada na seguinte informação:

- no tipo de litologias intersectadas, identificadas através das amostras de material de furação recolhidos regularmente à boca do furo durante a perfuração;
- na interpretação estrutural do local de perfuração complementada e confrontada com as restantes informações recolhidas durante a fase de perfuração;
- nos resultados das diferentes diagrfias realizadas no decurso da perfuração ao longo do furo, permitindo definir, com razoável aproximação, o posicionamento espectável dos níveis mais produtivos e com a composição pretendida;
- nos incrementos de caudal durante a fase de perfuração, quando esta é realizada apenas com recurso a ar comprimido.

Só a análise conjunta destas diferentes informações é que se poderá esboçar o posicionamento não só dos níveis aquíferos a captar como também identificar os que deverão ser isolados.

Convém salientar que, o referencial em termos de nível zero para a equipa de perfuração nem sempre é o mesmo que o referencial da equipa que realiza as diagrfias. Por vezes constatam-se desfazamentos de quase dois metros devido ao facto do referencial zero da equipa de sondadores corresponder à plataforma de trabalho ou à boca do tubo guia, por exemplo, enquanto que os dados das diagrfias são por vezes referidos ao nível do terreno, que pode encontrar-se muito abaixo dos referenciais da equipa de sondagem. No caso de níveis aquíferos relativamente pouco espessos, corre-se o risco de se colocar os tubos ralos abaixo dos níveis aquíferos, se os tubos ralos forem pouco extensos, implicando uma diminuição da eficiência da captação e incrementando a dificuldade de desenvolvimento do furo. Deverá ser dada especial atenção a esta questão de desfazamento de referenciais, mais frequente do que seria desejável.

Na análise dos resíduos de furação deverá ter-se em conta que a posição identificada para os mesmos pela equipa de sondagem corresponde à profundidade das varas aquando da sua recolha, o que não corresponde à profundidade em que se encontravam aquando da sua perfuração. Haverá que considerar o tempo de ascensão estimado até à superfície atendendo ao tipo de fluído de transporte destes materiais (ar comprimido, ar e água, espumas ou lamas de estabilização) e à velocidade estimada dos mesmos. O desfazamento entre a profundidade indicada e a profundidade efectiva tende a aumentar com a profundidade de proveniência dos materiais. Para grandes profundidades este desfazamento poderá ser muito significativo.

Tendo em conta alguma imprecisão e desfazamentos que podem observar-se na recolha da informação será prudente não fazer coincidir de forma exacta a extensão dos ralos à extensão estimada do nível aquífero a captar. No entanto, a extensão dos ralos não deverá ser muito superior à extensão do aquífero pois poderá constituir uma zona “morta”, sem fluxo de água, favorável ao desenvolvimento de micro-organismos e também à eventual entrada de material fino por decomposição do maciço envolvente à zona daqueles ralos.

Haverá também que ter grande atenção na determinação da extensão de todas as tubagens a aplicar na coluna de revestimento. A verificação do exacto comprimento das tubagens é essencial, caso contrário os sectores de tubo ralo poderão ser colocados com desfazamento de alguns metros em relação à profundidade pretendida, devido a deficiente medição das extensões dos tubos fechados, e mesmo dos tubos ralos, situação que tende a agravar-se em profundidade, por efeito cumulativo de erros de medição.

7.6.1.5 – Centralizadores das tubagens de revestimento definitivo

Para garantir a centralização das tubagens de revestimento final, ou dos isolamentos intercalares, ao longo do eixo do furo, deverão ser colocados centralizadores nas referidas tubagens, quer de tubo fechado, quer de tubo ralo. Tratam-se de peças flexíveis que são colocadas em torno das tubagens, de modo a que a mesma se mantenham centradas no furo.

A não colocação de centralizadores poderá implicar o encosto da tubagem à parede do furo, em vários sectores a diferentes profundidade, dificultando a introdução do seixo, por vezes com a sua acumulação naqueles sectores excêntricos, impedindo a sua progressão em profundidade, podendo originar assim zonas de vazios no maciço drenante. No caso do encosto da tubagem à parede do furo ocorrer ao nível de um tubo ralo, a função do maciço drenante será praticamente eliminada no sector em que se verificar o encosto da tubagem.

Se o encosto da tubagem à parede do furo se verificar num sector que deve ser isolado por selagem, com cimento ou argila, tal implicará uma menor protecção da coluna pelo selante, uma vez que parte do sector encostado ficará em contacto directo com a parede do furo, sem ser envolvido pelo selante, diminuindo a zona de protecção envolvente da tubagem naquele sector.

O encosto da tubagem às paredes do furo não decorre apenas da excentricidade do furo, ou da sua falta de verticalidade e linearidade. As tubagens de revestimento quer sejam em aço ou em PVC apresentam sempre uma flexibilidade significativa pelo que é natural que se verifique o encosto das mesmas mesmo em furos com elevada verticalidade e linearidade, quando não são aplicados centralizadores.

Considera-se essencial proceder à colocação de centralizadores espaçados ao longo da tubagem de revestimento durante a sua colocação no interior do furo. O seu espaçamento depende da flexibilidade do material, da espessura das paredes, da composição das tubagens, da profundidade do furo e do espaço anular teórico remanescente, ao longo do furo, assim como da verticalidade e da linearidade da perfuração.

Será razoável, em termos genéricos, a colocação, no mínimo, de um centralizador em cada seis metros em tubagens de aço inox e a cada três metros em tubagens de PVC, embora a definição do espaçamento deva ser reavaliada caso a caso em função das diversas variáveis indicadas.

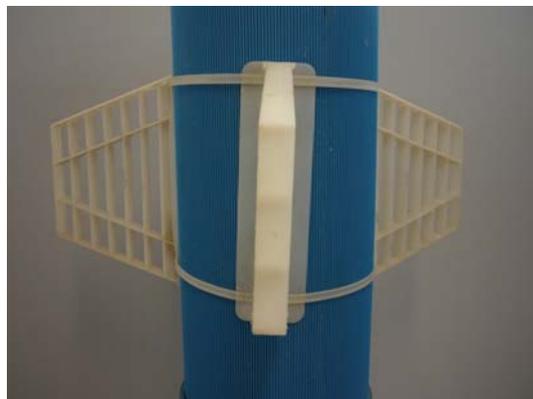
O espaçamento mais apertado dos centralizadores nas tubagens em PVC decorre da maior flexibilidade destas tubagens, razão pela qual se recomenda um menor espaçamento neste tipo de tubagens.



Centralizador em ferro, com cinco hastes de apoio.



Centralizador em ferro, com quatro hastes de apoio.



Centralizador em PVC, com três hastes de apoio.

7.6.2 – Maciço drenante

7.6.2.1 – Definição e função

O maciço drenante consiste no sector do espaço anelar preenchido por material granular, com granulometria previamente definida, posicionado preferencialmente entre o aquífero a explorar e os tubos ralos.

A sua função consiste essencialmente em:

- aumentar a eficiência do furo;
- permitir o desenvolvimento do maciço envolvente através da saída do material mais fino, em termos de argilas, siltes e areias finas, do sector imediato à captação para o interior da captação na fase de desenvolvimento;
- minimizar ou impedir a saída de areia do maciço envolvente para o interior do furo.

A sua aplicação é fundamental em furos realizados em formações sedimentares granulares incoerentes, com apreciável percentagem de materiais finos. O maciço drenante tem, neste caso, a função de permitir a passagem do material mais fino da formação, em especial na fase de desenvolvimento do furo, mas ao mesmo tempo impedir a saída de areias e materiais de maiores granulometrias para o interior do furo durante a fase de serviço do furo. Além da função filtrante, o maciço drenante constitui também um elemento de sustentação e apoio das paredes do furo ao preencher o espaço anelar entre os tubos ralos, o tubo fechado, e os depósitos ou o maciço envolvente

Nos maciços rochosos medianamente alterados a muito alterados poderá verificar-se a necessidade de aplicação de um maciço drenante entre os tubos ralos e o nível aquífero pois os produtos de alteração de alguns sectores dos maciços funcionam como um meio com percolação por porosidade, como por exemplo os saibros graníticos, ocorrendo fracções significativas de materiais finos que se torna necessário filtrar.

Em aquíferos constituídos essencialmente por sedimentos maioritariamente grosseiros a sua aplicação pode ser dispensada sendo os ralos colocados directamente em contacto com as formações envolventes.

Nos maciços rochosos pouco alterados a são, e pouco fracturados, o maciço drenante pode não ser construído, sendo os ralos aplicados directamente contra o maciço. Nestes maciços rochosos os materiais finos correspondem em geral a materiais de preenchimento das fracturas, os quais são removidos da zona de influência do furo durante a fase de desenvolvimento da captação. Neste tipo de maciço poderá nem ser necessário proceder à colocação de ralos, isolando adequadamente a parte superior do furo e mantendo a parte inferior, associada ao aquífero em questão, sem qualquer tipo de encamisamento (hopen hole), já descritos anteriormente.



Fotografia de endoscopia – Exemplo de aplicação de tubo ralo sem aplicação de maciço drenante. Vista lateral.

Apesar do exposto, constata-se que a grande maioria dos furos de água mineral ou de nascente foram construídos com um maciço drenante mesmo no caso de captações em maciços rochosos, pouco alterados a sãos. Esta opção decorre de ser mais fácil de construir um sector de isolamento com calda de cimento, ou argila, acima do maciço drenante, do que se não existir um maciço drenante. Tal como mencionado anteriormente, sobre o maciço drenante é colocado um nível de areia fina e acima desta desenvolve-se o isolamento por selagem com calda, no mesmo espaço anelar que comporta, mais abaixo, o maciço drenante.

A colocação de tubos ralos sem maciço drenante implica um prévio dimensionamento e um conjunto de operações na parte superior do furo que garantam o seu isolamento. Abaixo do sector superior isolado a perfuração prossegue com um diâmetro menor.

7.6.2.2 – Granulometria do seixo

O dimensionamento da gama granulométrica que o maciço drenante deve ter, em furos realizados em formações sedimentares granulares soltas com apreciável percentagem de materiais finos, depende da granulometria dos materiais que constituem o aquífero produtivo.

Torna-se assim necessário proceder à execução de uma curva granulométrica do material do nível aquífero detrítico, a qual é obtida com base num ensaio de peneiração. Este ensaio poderá ser realizado em obra com um conjunto de peneiros e uma balança com precisão à grama.



Peneiros para análise granulométrica.

A granulometria do material do maciço drenante deverá corresponder à curva resultante da multiplicação pelo factor de conversão considerado.

Um outro método consiste em considerar o valor da granulometria correspondente a 30 % da massa total do material passado na peneiração, ou a 70% da massa total do material retido na peneiração. O valor da dimensão granulométrica correspondente aquela percentagem deverá ser multiplicado por um factor de conversão de 5. Projectando o valor resultante para a mesma percentagem de massa total retida no gráfico, deverá traçar-se uma recta inclinada passando por aquele ponto. A inclinação da recta deverá ser de modo a que o seu coeficiente de uniformidade deve ser igual ou inferior a 2,5. O coeficiente de uniformidade corresponde à razão obtida entre d_{60} (granulometria correspondente a 60 % do material passado nos peneiros) e d_{10} (granulometria correspondente a 10 % do material passado nos peneiros).

A granulometria do material do maciço drenante deverá possuir a granulometria abrangida pela recta assim obtida, resultante da multiplicação pelo factor de conversão considerado e possuir um coeficiente de uniformidade de 2,5 ou inferior.

Constata-se assim, que a granulometria do maciço drenante deverá ser cerca de 4 a 6 vezes superior à granulometria do material do aquífero. A bibliografia baseada em ensaios de campo e de laboratório refere que para razões de 4 a 5 é possível obter eficiências de 90 % a 120%. Para razões menores a eficiência diminui. Para razões maiores, da ordem de 10 a eficiência diminui para cerca de 32 %. Para razões da ordem de 20 verifica-se a entrada de uma grande quantidade de areia para o furo.

O valor da espessura dos ralos a aplicar com o maciço drenante assim determinado deverá corresponder à dimensão que na curva granulométrica obtida para o dimensionamento do material do maciço drenante corresponda a 80 % ou 90% (dependendo dos autores) de material retido.

Só após a fase de desenvolvimento do furo é que será possível avaliar a eficiência do maciço filtrante dimensionado. A situação ideal será a de que após a limpeza e desenvolvimento da captação, já na sua fase de serviço, não sejam detectadas partículas de areia na água captada. A ausência total de areia é difícil em aquíferos com material detrítico solto, embora se considere satisfatória um volume correspondente a cerca de uma colher de chá por cada 1000 litros de água extraída.

Deverá proceder-se a testes, durante e após a fase de desenvolvimento, para determinação da quantidade de areia captada.

O dimensionamento apresentado é aplicável apenas a formações detríticas soltas, em geral com importante fracção arenosa. Para formações grosseiras ou rochosas, pouco alteradas a sãs, a granulometria do maciço drenante poderá ser substancialmente superior, devendo apresentar uma permeabilidade, pelo menos idêntica à do maciço envolvente, permitindo a aplicação de granulometrias mais grosseiras e aberturas dos rasgos também maiores, mas de modo a reter neste caso a totalidade do material granular do maciço drenante.

Apesar destas indicações relativas ao dimensionamento da granulometria do maciço drenante e da espessura dos rasgos dos tubos ralos, convém referir que em Portugal todas as águas minerais são captadas em maciços rochosos, não se conhecendo, até à data, qualquer captação em formações sedimentares detríticas incoerentes.

7.6.2.3 – Características do areão

O material que constitui o maciço drenante é designado por areão, devido à sua dimensão granulométrica, embora em muitos casos corresponda a um seixo.

O areão deverá ter uma composição inerte, preferencialmente de natureza siliciosa, de modo a não ser afectado por fenómenos de dissolução ou assimilação, e apresentar uma resistência suficiente que impeça o seu esmagamento ou deterioração devido às cargas envolventes.

O seixo, ou o areão, deve apresentar-se limpo, isento de resíduos argilosos ou siltosos sobre a sua superfície, e possuir forma arredondada.



Areão silicioso, calibrado e lavado.

O areão a aplicar no maciço drenante de um furo deverá respeitar a granulometria determinada pelo responsável técnico ou pela fiscalização da obra, com características monogranulares, isto é, de dimensão muito semelhante. Aquando da recepção do areão em obra deverá ser realizado um ensaio de peneiração a seco para determinar a respectiva curva granulométrica e aferir se a mesma cumpre os requisitos definidos. Tal como se referiu torna-se essencial possuir em obra um jogo de peneiros e uma balança, para garantir a realização de um ensaio de peneiração e construir a respectiva curva granulométrica.

O responsável técnico deverá proceder ao cálculo do volume de areão a introduzir no espaço anelar e profundidades a atingir.

7.6.2.4 – Desinfecção do areão

Caso o seixo, ou o areão, não seja fornecido em obra devidamente limpo, deverá ser rejeitado.

Todo o material do maciço drenante deverá ser previamente desinfectado numa solução bactericida, à base de hipoclorítio de sódio com uma concentração de cloro livre de cerca de 100 ppm. O projectista poderá optar eventualmente por outro tipo de bactericida, ou por outras concentrações da solução desinfectante.

O Empreiteiro deve garantir o fornecimento em obra de recipientes limpos com dimensão suficiente para a desinfecção do material do maciço drenante.



Contentores de transporte de areão silicioso, calibrado e lavado, emerso em solução desinfectante.

7.6.2.5 – Colocação do areão

Em geral é colocada cerca de 1 m a 2 m de seixo na base do furo para acomodação do pé da coluna de revestimento final. Este areão é introduzido por gravidade antes de se proceder à introdução da coluna de revestimento.

O restante areão só será introduzido no espaço anelar após a instalação da totalidade da coluna de revestimento final, incluindo tubos fechados, cones de redução e tubos ralos.

A introdução do material, em furos com artesianismo repuxante à boca da captação, poderá implicar a necessidade de criar um rebaixamento do nível para permitir a descida do areão ou do seixo.

A introdução do material do maciço drenante deverá ser realizada de forma faseada de preferência através de tubagem descida através do espaço anelar, de forma lenta e acompanhada com a injeção de água limpa para facilitar a injeção do material. A introdução do material, por gravidade, no espaço anelar a partir da superfície poderá originar situações de entupimento e acumulação do material, ficando o mesmo suspenso sem atingir a profundidade pretendida. A acumulação do material acima da profundidade desejada poderá resultar do facto da dimensão do espaço anelar ser reduzida, ou devido à utilização de centralizadores com grande quantidade de hastes de apoio que condicionam e interrompam a descida daquele material granular. Por este motivo deverá proceder-se à regular e periódica verificação da profundidade do topo do material granular do maciço drenante, para avaliar a eficácia da sua descida e por outro lado para aferir, no final, se a profundidade do topo corresponde à profundidade prevista.

Após a introdução da totalidade do seixo, ou do areão, deverá ser introduzido um nível de areia fina sobre o topo do maciço drenante com pelo menos, 1 m de espessura, para impedir a penetração no maciço drenante, do selante (calda de cimento ou argilas) que será injectado no espaço anelar acima.

7.6.2.6 – Extensão do maciço

Em geral a extensão do maciço drenante abrange a totalidade da extensão dos níveis aquíferos captados e do conjunto de ralos. Caso se verifiquem grandes extensões lineares entre ralos consecutivos será preferível proceder à cimentação dos espaços entre sectores produtivos, dando origem a um conjunto de pequenas extensões de maciços drenantes intercalados com sectores cimentados. Este procedimento resulta do facto de que extensos sectores de tubo fechado envoltos por maciço drenante apenas favorecem o alojamento de microorganismos. Além disso, poderá verificar-se, após a construção da captação, a presença de níveis com composição química com componentes químicos indesejados, que não tenham sido possível detectar durante a fase de perfuração e construção. Se os vários níveis aquíferos e respectivos maciços drenantes forem independentes, será possível o isolamento específico do nível problemático. Se o maciço for contínuo nem sempre se poderá optar pelo isolamento do nível problemático, a não ser que esse nível se situe na base da captação.

A extensão do maciço drenante acima do ralo superior, ou abaixo do ralo inferior, não deverá ser elevada pois, no caso de se pretender cimentar a captação no final da sua fase de serviço, poderá ser impossível atingir o topo ou a base do maciço drenante com a calda de cimento sem se atingirem outros furos novos que entretanto tenham sido realizados nas suas imediações.

O maciço drenante associado a cada extensão de tubo ralo não deverá prolongar-se mais do que três ou quatro metros lineares para além das extremidades daquele.

Não se recomenda a aplicação de tubos ralos pré-fabricados com areão colado devido à toxicidade associada às colas aplicadas. Além disso torna-se difícil o desenvolvimento de um material em que as partículas do maciço drenante não são móveis, susceptíveis a entupimento. Por outro lado, como o maciço drenante colado só se encontra acoplado aos tubos ralos nos sectores dos rasgos torna-se difícil o preenchimento dos sectores remanescentes do espaço anelar.

7.7 – Desenvolvimento e limpeza

7.7.1 – Fundamento

Após a conclusão da construção da captação torna-se necessário proceder ao desenvolvimento da captação. Trata-se de um conjunto de acções que têm por objectivo:

- a remoção das lamas de estabilização ou dos resíduos de furação do interior do furo, dos ralos, do interior do maciço drenante e, eventualmente, do próprio aquífero, no sentido de facilitar e incrementar o afluxo de água do aquífero para o interior da captação;
- a criação e incremento dos fluxos de água do aquífero para o interior do furo, na zona envolvente da captação, tendo por objectivo provocar o arrastamento dos materiais mais finos nos maciços sedimentares detríticos envolventes, e incrementar a sua permeabilidade na zona de influência da captação;
- a promoção da lavagem e da desobstrução das fracturas nos maciços rochosos através do arrastamento dos materiais de enchimento das mesmas, em geral de natureza silto argilosa, ou eventualmente, das lamas de estabilização aplicadas na fase de perfuração, que tenham penetrado no interior do maciço envolvente;
- o aumento do caudal específico do furo e a redução das perdas de carga na zona de influência e de entrada da água na captação.

Se uma quantidade apreciável de resíduos de furação, ou as lamas de estabilização, não forem removidos adequadamente do furo, do maciço drenante, ou mesmo do aquífero, a produtividade da captação poderá ficar comprometida, tendendo a ser menor do que o desejável, e possível. Esta situação será tanto mais acentuada quanto, na fase de perfuração, forem aplicadas lamas de estabilização densas que penetrem no aquífero que se pretende explorar, acumulando-se na fase de construção da captação preferencialmente na base da captação onde, muito frequentemente, se situam os ralos e o maciço drenante. Estes materiais argilosos de reduzida permeabilidade, dificultam, podendo mesmo impedir, o afluxo da água do aquífero. Os trabalhos de limpeza e desenvolvimento da captação têm por objectivo remover aqueles materiais remanescentes, e promover também a libertação dos materiais finos naturais do aquífero, de modo a criar, em torno do furo, uma zona de fácil percolação da água subterrânea.



Fotografia de endoscopia – tubo ralo com quatro fiadas de rasgos intensamente colmatados. Vista axial.



Fotografias de endoscopias – rasgos horizontais, de tubos ralo em PVC, totalmente colmatados



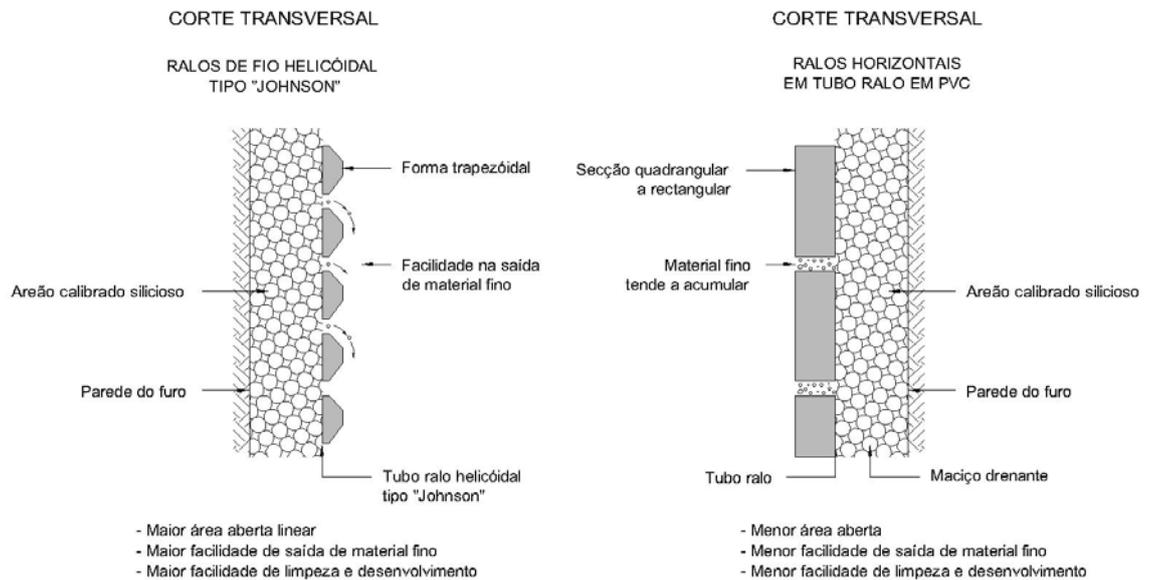
Fotografia de endoscopia – tubo ralo com rasgos em ponte, totalmente colmatado, com restos de lamas de estabilização. Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Pormenor de tubo ralo com rasgos em ponte, totalmente colmatados. Vista lateral.

O sucesso do desenvolvimento de uma captação não depende apenas dos métodos de desenvolvimento utilizados. Existem outros aspectos que condicionam o sucesso da limpeza e desobstrução dos ralos, do maciço drenante e do próprio maciço natural envolvente. Por um lado, a utilização de lamas densas, tal como se referiu, poderá colmatar de forma intensa tanto os rasgos, o maciço drenante e o próprio maciço natural, pelo que o controlo adequado das mesmas poderá implicar uma redução dos custos de limpeza e desenvolvimento. Por outro lado, o tipo de rasgos dos tubos ralos também pode condicionar o sucesso do desenvolvimento. No caso de tubos ralo, em PVC, com rasgos horizontais, a geometria do rasgo corresponde a uma estreita faixa aplanada com uma largura correspondente à espessura da tubagem. Este tipo de geometria, aplanada e espessa, bem como o espaçamento apreciável entre rasgos sucessivos; não favorecem a saída das lamas do interior do maciço drenante para o interior do furo, o que dificulta a limpeza e desenvolvimento da captação. Por comparação os ralos com fio contínuo (tipo Johnson) em aço, ou em PVC, apresentam uma espessura muito reduzida e uma área aberta muito superior, factores que facilitam de sobremaneira a limpeza dos rasgos e a saída de material fino do maciço drenante e do maciço envolvente. Para mais, estes tipos de ralos

apresentam uma geometria trapezoidal que também torna mais fácil a saída das pequenas partículas do interior do maciço drenante e do maciço natural.



Esquema demonstrativo da menor aptência ao entupimento e da maior facilidade de limpeza, dos ralos de fio helicoidal relativamente aos ralos horizontais em PVC.

As operações de desenvolvimento e limpeza são, em muitos casos, morosas, em especial em furos realizados com lamas de estabilização, por vezes tanto mais morosas e onerosas, quanto maior for a densidade das lamas que permanecem na base do furo e menor for a área útil dos rasgos. Convém reafirmar uma vez mais que, grande parte destes trabalhos de limpeza e desenvolvimento assim como o acréscimo de custos associados, poderão ser minimizados, desde que se proceda a um adequado controlo das lamas de estabilização mantendo-as com a menor densidade possível, recorrendo a ralos com elevada abertura útil, como os de fio contínuo.

O desenvolvimento e limpeza das captações é em geral mais fácil em furos realizados com o método de rotopercussão em maciços rochosos são a pouco alterados, sendo por oposição, mais moroso e complexo, nos furos executados com o método de rotação, ou rotary, com lamas de estabilização densas, com circulação directa.

7.7.2 – Métodos de desenvolvimento

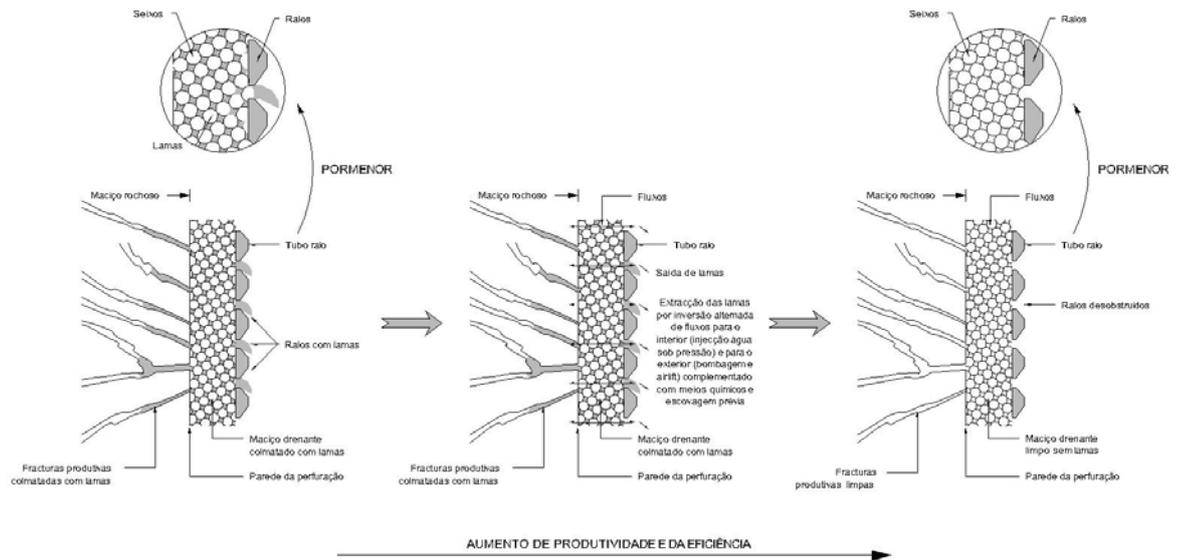
7.7.2.1 – Aspectos gerais

Distinguem-se dois tipos de métodos no desenvolvimento e limpeza dos furos de captação de água, a saber:

- métodos hidromecânicos;
- métodos químicos.

Os métodos hidromecânicos consistem em operações de injeção de ar comprimido, de água sob pressão, de extracção de água por aspiração ou por bombagem, ou operações de escovagem. O desenvolvimento e limpeza da captação visa basicamente desentupir os sectores parcial, ou totalmente colmatados, no sentido de se obter com a desobstrução, um maior afluxo de água ao furo e, conseqüentemente, incrementar a sua eficiência e o seu caudal específico. Assim, para se conseguir o referido desentupimento dos sectores colmatados haverá que criar,

de forma cíclica, uma alternância do sentido do fluxo da água, do interior do furo para o exterior do furo e do exterior do furo para o seu interior, tal como se procura criar com qualquer desentupidor quando se pretende desentupir uma canalização doméstica, aplicando movimentos de vaivém cíclicos para gerar movimentos de agitação na água da canalização tendo em vista a remoção dos depósitos que causam o entupimento. Trata-se de uma analogia que, apesar das diferentes escalas em questão, constitui a que melhor se oferece para elucidar, de forma elementar, os menos familiarizados com as questões do desenvolvimento de uma captação de água subterrânea.



Esquema da alternância de fluxos para a limpeza e desenvolvimento dos ralos, do maciço drenante e do aquífero envolvente.

Os métodos hidro-mecânicos podem ser complementados com os métodos químicos. Os métodos químicos têm por objectivo actuar sobre os resíduos de perfuração acumulados, em especial sobre as lamas de estabilização, tendendo a desagregá-las ou desfloculá-las. Após a actuação dos métodos químicos torna-se necessário aplicar de novo os métodos hidro-mecânicos para promover, uma vez mais, a mobilização e extracção dos resíduos acumulados. Mantendo a mesma analogia anterior, terá correspondência com a aplicação de determinados produtos químicos nas canalizações domésticas, para promover a desagregação dos depósitos que colmatam a referidas tubagens caseiras, sendo a actuação dos referidos produtos químicos complementada, após algum tempo de espera, com novas acções mecânicas do desentupidor.

7.7.2.2 – Métodos hidro-mecânicos

7.7.2.2.1 – Principais tipos

Os métodos hidro-mecânicos consistem na criação de variações acentuadas de gradientes hidráulicos no interior do furo, do maciço maciço drenante e do próprio maciço envolvente, com o objectivo de promover o afluxo de material fino para o interior do furo.

De entre os métodos mais utilizados contam-se os seguintes:

- injeção de ar comprimido directo axial;
- injeção de ar comprimido directo, lateralmente;
- aspiração vertical ou lateral com duas mangueiras ou tubagens (air lift);

- hidro-jacto - injeção de água a alta pressão;
- escovagem das paredes do furo e dos rasgos dos tubos ralos;
- sobrebombagem ciclíca;
- bombagem ciclíca;
- bombagem focalizada, com obturador duplo ralo a ralo, ou obturador simples para um conjunto de ralos.

Procede-se em seguida à descrição dos métodos mencionados.

7.7.2.2.2 – Injeção de ar comprimido directo axial

A injeção de ar comprimido directo vertical, que para muitos é apelidado de air-lift simples, consiste na introdução de ar sob pressão, através do interior de um trem de varas colocadas no interior da captação, destinando-se à extracção e à renovação da água, podendo abranger, consoante os caudais extraídos, o nível de sobrebombagem.

O ar comprimido, ao ser injectado no interior do furo no sentido axial, na base do trem de varas, tende rapidamente a ascender à superfície, empurrando a água que se encontra no furo acima da base do trem de varas de injeção do ar. A trajectória do ar comprimido injectado desenvolve-se, essencialmente, e de forma quase imediata, no sentido ascendente, pelo que não se trata de uma metodologia muito eficiente para uma limpeza directa dos ralos.

Será prudente aplicar apenas a injeção de ar comprimido directo em sectores de tubo fechado, afastada dos ralos, de modo a evitar a sua danificação, decorrente de sobrepressões associadas a uma injeção descontrolada ou do embate da tubagem na estrutura dos ralos.



Aplicação de ar comprimido directo numa captação.

Convém salientar que, o método de injeção de ar comprimido deverá ser aplicado progressivamente em profundidade.

Nesse sentido haverá que avaliar previamente se a potência do compressor disponibilizado é suficiente para implementar esta operação a grande profundidade. Quando aplicado a grande profundidade as varas de injeção devem estar equipadas com centralizadores para evitar impactos violentos contra as paredes da tubagem de revestimento, devido ao efeito do designado de “golpe de aríete”, associado em geral a um arranque do compressor, com elevada potência, e à acumulação excessiva de ar na zona da captação junto à base das varas de injeção.

A injeção de ar comprimido directo axial deverá ser mantida até que se obtenha água límpida, pelo que será conveniente recolher sucessivas amostras em recipientes transparentes, para efeitos de comparação do grau de limpeza da água, agitando-os antes de cada comparação.

As varas a utilizar na injeção de ar comprimido directo no furo têm de estar limpas. Estas não devem nunca ser colocadas no chão, mas sempre sobre um conjunto de cavaletes apropriados. Devem ser mantidas tamponadas em ambas as extremidades antes da sua utilização em obra.

7.7.2.2.3 – Injeção de ar comprimido directo lateralmente

Trata-se da mesma metodologia que a anterior, baseada na injeção de ar comprimido no interior de uma captação, apenas com a diferença de que a última vara, do trem de varas de injeção do ar, apresenta-se perfurada lateralmente e tamponada na base. O ar injectado sai pelos orifícios laterais da vara da base, tendendo a ser projectado contra as paredes do furo ou contra os ralos, promovendo a sua limpeza e desobstrução.

Esta metodologia de limpeza deverá ser aplicada com redobrados cuidados uma vez que a força do ar comprimido sobre os ralos poderá ser de tal magnitude que origine a sua rotura e o assoreamento da captação.

As varas de injeção do ar comprimido deverão ser equipadas com centralizadores para evitar embates bruscos e violentos nas paredes da tubagem de revestimento.

A pressão do ar injectado deverá ser realizada de forma progressiva evitando-se pressões muito superiores à necessária para conseguir mobilizar a coluna de água acima da zona de injeção.



Tubagem perfurada, que é colocada na base do trem de varas, para injeção lateral de ar comprimido directo.

7.7.2.2.4 – Hidrojacto – injeção de água a alta pressão

O sistema de hidrojacto consiste na injeção de água sob pressão através de uma cabeça cônica metálica que comporta várias saídas para a água. As saídas da água encontram-se direccionadas para cima, num ângulo de cerca de 45° a 60° com a vertical. A cabeça de injeção pode ser acoplada a uma mangueira ou a um trem de varas as quais podem, ou não, dispor de movimento rotativo.

O procedimento consiste na injeção de uma mistura de água com ar comprimido ao longo da mangueira ou das tubagens de injeção que vão sendo descidas ao longo do furo. Ao atingir a cabeça de injeção a água sai sob a forma de jacto, sendo projectado contra as paredes da tubagem de revestimento ou dos ralos removendo a sujidade. O processo desenvolve-se desde o topo do furo até à sua base.



Ponteira do hidrojacto

As varas ou mangueiras a utilizar neste método de limpeza do furo têm de estar completamente limpas.

As varas ou mangueiras não devem nunca ser colocadas no chão, mas sempre sobre um conjunto de cavaletes apropriados. Devem ser mantidas tamponadas em ambas as extremidades antes da sua utilização em obra.

No caso de se recorrer a mangueiras a ponteira deverá ser também suspensa por um cabo de aço para reforço de suspensão e evitar quedas do equipamento em caso de rotura ou desconexão das mangueiras, em especial em furos profundos.

7.7.2.2.5 – Escovagem

A remoção dos depósitos das paredes da tubagem de revestimento e da superfície dos ralos poderá ser realizada através de escovagem, com escovas em PVC ou em aço inox.

Não é recomendável a aplicação de escovas em aço inox em tubagens de PVC pois a sua elevada resistência danifica a superfície da tubagem em PVC. Também não é aconselhável a

utilização de escovas em aço inox em furos com tubagens em aço inox, acabados de concluir, pois não ocorrem incrustação. A aplicação das escovas em PVC irá apenas riscar a superfície das tubagens de revestimento em aço inox. As escovas em aço inox são utilizadas na limpeza de algumas incrustações nas tubagens formadas após algum tempo de serviço da captação.

As escovas em PVC rígido, devem apresentar com estrutura cilíndrica, com maior ou menor desenvolvimento. O diâmetro das escovas deverá ser ligeiramente superior ao diâmetro interior da tubagem de revestimento, em cerca de 1 cm, de modo a permitir uma adequada limpeza em profundidade dos ralos. O eixo de fixação das “barbas” deverá corresponder, no máximo, a cerca de metade do diâmetro total da escova, de modo a permitir alguma flexão das mesmas. As “barbas” das escovas devem ser do tipo “isentas de memória”, isto é, com uma rigidez que lhes permita retomar a posição após aplicação de flexão.



Exemplos de escovas de limpeza em PVC rígido.



Exemplo de escovas de limpeza em aço.

As escovas a utilizar devem ser novas e encontrar-se completamente limpas. Devem ser fornecidas em obra envoltas com filme retráctil.

No caso do furo apresentar mais do que um diâmetro em profundidade, deverão ser aplicadas escovas com os diferentes diâmetros adequados aos sectores existentes no furo com diferentes diâmetros. Uma situação de estrutura telescópica com vários diâmetros implica a descida das varas e das escovas até à base do sector da tubagem com um determinado diâmetro e a sua posterior ascensão, seguindo-se a reintrodução do trem de varas no furo, com as escovas com diâmetro compatível com o sector subjacente, mais estreito, repetindo-se o procedimento até se atingir a base da tubagem de revestimento.

A limpeza com escovas deverá ser executada com um dispositivo de varas acopladas a um sistema que permita, no sector de tubo fechado, a sua rotação com velocidade controlada. A evolução da limpeza deverá processar-se de forma lenta com movimentos ascendentes e descendentes sucessivos, com cerca de três a seis metros de amplitude linear, para cima e para baixo, durante o avanço em profundidade.

No sector dos tubos ralos só se deverá manter a rotação das escovas se se tratarem de ralos com rasgos horizontais ou com fio helicoidal contínuo. No caso de ralos com aberturas verticais ou do tipo em ponte, com desenvolvimento linear segundo a direcção vertical, a escovagem deverá ser realizada apenas com movimento ascendente e descendente, sem rotação, para permitir a adequada limpeza em profundidade das aberturas dos ralos.

As varas a utilizar na limpeza do furo com escovas devem de estar totalmente limpas. Nunca devem ser colocadas no chão, mas sempre sobre um conjunto de cavaletes apropriados. Devem ser mantidas tamponadas em ambas as extremidades antes da sua utilização em obra.

7.7.2.2.6 – Sistema de aspiração por air-lift com duas mangueiras ou duas tubagens

7.7.2.2.6.1 – Fundamento do método

Este método consiste na aspiração de água do interior do furo através da injeção de ar comprimido em profundidade, de forma controlada.

Existem dois métodos que permitem a aspiração de água do interior da captação com recurso a injeção de ar comprimido. Um, que se poderá designar por método com insuflador, consiste na aplicação de um sistema de tubagens ligadas a um insuflador, sendo a aspiração obtida pela injeção de ar comprimido no insuflador, através de uma mangueira. O outro sistema, que se poderá designar por método das duas tubagens sobrepostas, consiste na instalação de um trem de varas, mais largo, pelo interior da captação, no interior do qual é instalado um trem de varas mais fino, através das quais é injectado o ar comprimido a um nível superior ao da base do trem de varas externo, mais largo. Nas figuras seguintes apresentam-se os esquemas de execução dos dois sistemas de aspiração, pelo que se recomenda a sua visualização para além da descrição dos métodos.

7.7.2.2.6.2 – Método com insuflador

Numa primeira fase é descido um trem de varas até á profundidade desejada. Sobre este trem de varas será acoplado o insuflador. Acima do insuflador será acoplado um outro trem de varas até ao topo do furo, com um diâmetro igual ou superior ao das varas abaixo do insuflador. A injeção de ar no insuflador deverá ser garantida através de mangueira semi-rígida conectada ao mesmo. Para a profundidade de instalação do insuflador o Empreiteiro deverá garantir um compressor com potência compatível. A potência do compressor não deverá ser calculada para

a profundidade da base das varas situadas abaixo do insuflador, mas para a profundidade a que for colocado o insuflador, em geral, muito mais acima daquelas mas a uma profundidade que garanta uma submersão suficiente para permitir a ascensão da água acima do insuflador.

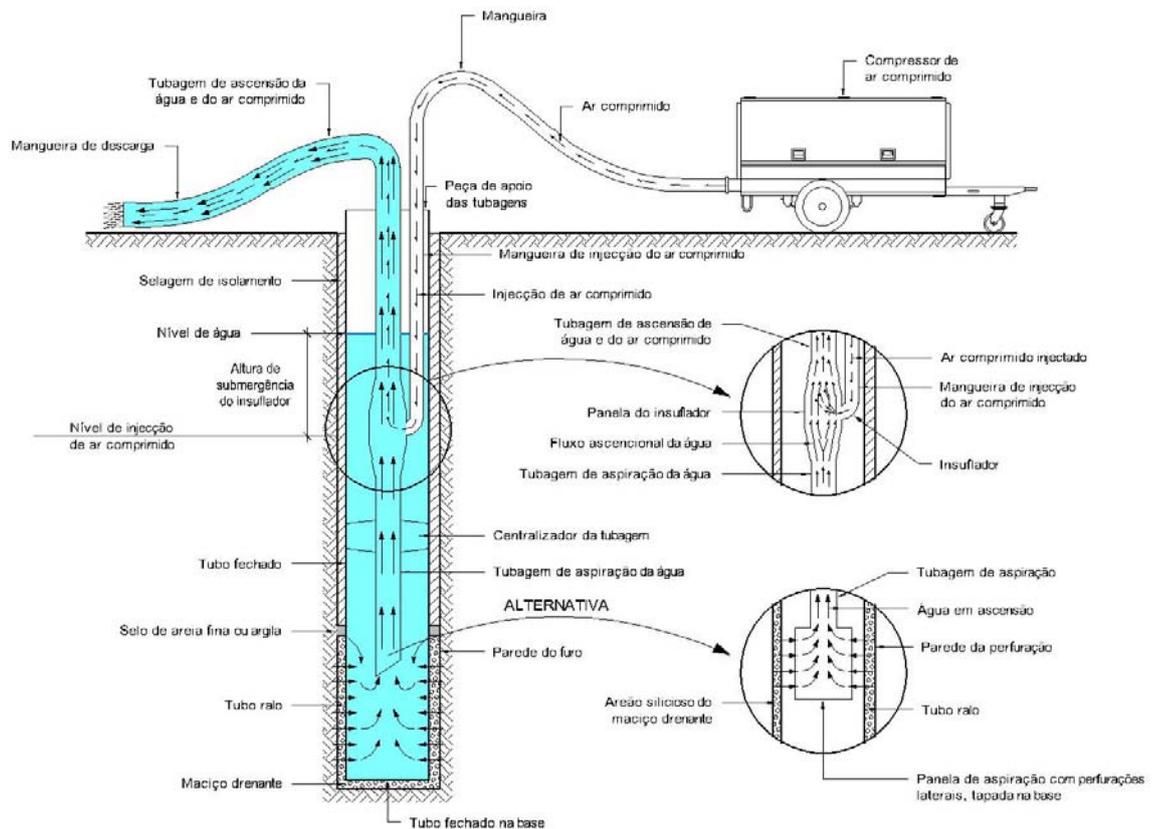
A injeção de ar no interior do insuflador deverá ser no sentido ascendente, de modo a garantir a menor resistência na passagem da água. Esta entrada ascendente do ar permite a subida directa do ar injectado, e da água, ao longo da tubagem de extracção provocando um efeito de aspiração no trem de varas acoplado imediatamente abaixo do insuflador e da base das referidas varas. Este processo permite assim a aspiração da água do furo.

A subida deste dispositivo de aspiração deverá ser efectuada de forma lenta aguardando-se que a água extraída fique clara. Na fase inicial da aspiração, com as varas abaixo do insuflador situadas junto à base da coluna de revestimento, deverá proceder-se à subida e descida deste dispositivo, sempre em aspiração, até que se obtenha uma água limpa.



Tubagem de injeção do ar.

Pormenor do insuflador



SISTEMA DE ASPIRAÇÃO PELO MÉTODO DE "AIR-LIFT"
COM RECURSO A INSUFLADOR INTERCALAR

A ascensão do dispositivo será realizada com a remoção progressiva das varas que se encontram no topo, repetindo-se a operação de aspiração aquando da ascensão de cada vara.

A água deverá apresentar-se límpida antes da mudança de profundidade, pelo que se deverá proceder, à recolha de amostras em recipientes transparentes para efeitos de comparação do grau de limpeza da água, agitando-os antes da comparação.

Este procedimento de limpeza deverá prosseguir de forma idêntica ao longo do furo enquanto houver submersão suficiente do insuflador que permita a elevação e aspiração da água.

Quando deixar de haver submersão suficiente do insuflador para permitir a ascensão da água, deverá remover-se o trem de varas acima do insuflador, o próprio insuflador e um conjunto de varas abaixo do insuflador, para permitir o abaixamento do insuflador no sistema de varas, para se obter novamente a submersão suficiente para a elevação da água. A posição da base do trem de varas do sistema de air-lift, após a mudança de posição do insuflador, deverá ser a mesma do que antes desta mudança do insuflador.

As varas ou mangueiras a utilizar neste método de limpeza do furo têm de estar completamente limpas.

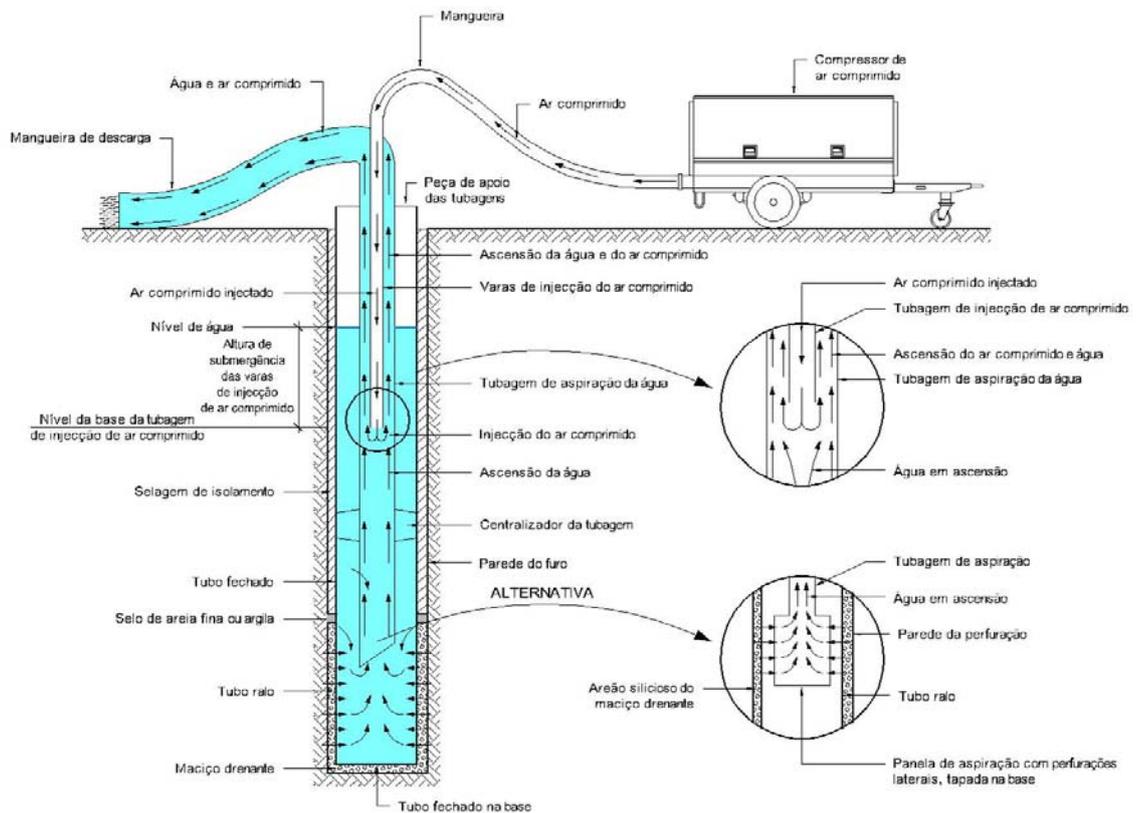
As varas não devem nunca ser colocadas no chão, mas sempre sobre um conjunto de cavaletes apropriados. Devem ser mantidas tamponadas em ambas as extremidades antes da sua utilização em obra.

7.7.2.2.6.3 – Método das duas tubagens sobrepostas

Este sistema de aspiração consiste na introdução de um trem de varas mais largas, designadas por varas de aspiração. Pelo interior destas varas é introduzido um outro trem de varas, designadas varas de injeção, com menor diâmetro, por onde será injectado o ar comprimido. O ar injectado pelo interior das varas, ao sair pela base das mesmas tende a ascender de imediato, empurrando a água para cima até á superfície. O trem de varas interior, de injeção só é descido até uma profundidade que permita que haja submersão suficiente da base das mesmas para permitir a ascensão da água à superfície. No restante o procedimento é igual ao método anteriormente descrito, baseando-se na adição ou remoção das varas interiores, para efeitos de submersão, ou das varas exteriores, para efeito de progressão da aspiração ao longo da captação.

As varas ou mangueiras a utilizar neste método de limpeza do furo têm de estar completamente limpas.

As varas não devem nunca ser colocadas no chão, mas sempre sobre um conjunto de cavaletes apropriados. Devem ser mantidas tamponadas em ambas as extremidades antes da sua utilização em obra.



SISTEMA DE ASPIRAÇÃO PELO MÉTODO DE "AIR-LIFT"
COM RECURSO A DUAS TUBAGENS UNIAXIAIS

7.7.2.2.6.4 – Ponteiras dos dispositivos de aspiração

Podem ser utilizados dois tipos de ponteiras na base das varas de aspiração:

- Ponteira simples – para aspiração vertical;
- Panela cilíndrica perfurada lateralmente – para aspiração lateral.

A ponteira simples consiste na aspiração da água no sentido vertical através da base do trem de varas. A ponta da última vara é em geral seccionada obliquamente para permitir a aspiração da base da tubagem de revestimento quando atinge a mesma e para facilitar a passagem da ponteira em zonas de redução do diâmetro. Este tipo de ponteira é aplicado na vertical aspiração da água ao longo do furo, e em particular na aspiração da base ou pé da coluna de revestimento.

Na aspiração da zona dos ralos é recomendável a utilização da panela cilíndrica perfurada lateralmente. Trata-se de um dispositivo cilíndrico em metal, com diâmetro ligeiramente inferior ao diâmetro interior da tubagem de revestimento, tapado na base, que apresenta pequenas perfurações nas paredes do cilindro.

Este dispositivo obriga à entrada de água lateralmente para o interior do cilindro, promovendo uma aspiração lateral, mais adequada para a limpeza das zonas dos ralos.

Nas zonas dos ralos deverá proceder-se a várias passagens consecutivas do dispositivo no sentido ascendente e no sentido descendente.

Deverão ser realizadas paragens e arranques sucessivos, do compressor de ar comprimido, quando o dispositivo se encontrar na zona dos ralos, no sentido de provocar alguma agitação.

7.7.2.2.7 – Sobrebombagem cíclica

Consiste em extrair um caudal superior ao caudal de exploração recomendado para o furo, ou ao máximo rebaixamento estabilizado que se consegue atingir. Tem por objectivo provocar um rebaixamento acentuado e, conseqüentemente, gerar um elevado gradiente hidráulico entre o maciço e o furo, com o intuito de forçar o afluxo de água para o interior do furo, aumentando a velocidade de percolação, um eventual escoamento turbulento, e o conseqüente arrastamento do material fino. Haverá, contudo, que tomar as devidas precauções na implementação deste método, uma vez que um gradiente acentuado poderá danificar os ralos da captação. Deverá ser implementado com caudais de extracção e rebaixamentos progressivamente maiores, aferindo-se se ocorre qualquer incremento do caudal específico entre cada patamar de sobrebombagem. A sobrebombagem, em geral, é realizada com recurso à injeção de ar directo, controlando-se a posição do nível da água no furo através de tubagem específica introduzida no furo até vários metros abaixo da zona de injeção do ar comprimido, de modo a conseguir-se medir, sem perturbações significativas, a evolução dos rebaixamentos associados.

A sobrebombagem é realizada normalmente durante um período curto, de alguns minutos, alternando com períodos de paragem da bombagem, também de alguns minutos.

Nalguns casos recorre-se à bombagem com bombas submersíveis de elevado débito para para se conseguir a sobrebombagem.

7.7.2.2.8 – Bombagem cíclica

Trata-se do mesmo procedimento descrito para a sobrebombagem, com a diferença que não se procede a rebaixamentos do nível da água no furo tão acentuados, sendo aplicado em furos com reduzida colmatação em que não se torna necessária a aplicação de métodos tão drásticos e intensos como a sobrebombagem.

A extracção de água poderá ser realizada, tal como descrito para o método de sobrebombagem, com a injeção de ar comprimido directo ou com bomba submersível.

7.7.2.2.9 – Bombagem focalizada, com obturador duplo ralo a ralo, ou obturador simples para um conjunto de ralos

Poderá proceder-se à bombagem localizada ralo a ralo, mediante a aplicação de obturadores duplos, ou de um conjunto de ralos, com recurso a um obturador simples. Este tipo de bombagem localizada permite a intensificação da extracção e a limpeza de sectores específicos dos tubos ralos e do maciço drenante.

A opção por esta metodologia decorre da identificação, através das observações de uma endoscopia, da persistência de colmatação em determinados ralos específicos, ou sectores de ralos abaixo de determinada profundidade.

O método consiste em introduzir, no interior do furo, um obturador duplo, ou simples, acoplado a um trem de varas. A parte superior deste trem de varas deverá ser constituída por varas de diâmetro mais largo de modo a permitir a instalação de uma bomba submersível no seu interior. A base da zona da tubagem mais larga deverá situar-se a uma profundidade que permita obter o rebaixamento desejado durante a bombagem sem que este atinja a bomba submersível.

Um obturador duplo consiste numa tubagem em que se encontram inseridos dois obturadores, isto é, duas borrachas que expandem através da introdução de ar ou com água, podendo atingir pressões elevadas. A base da tubagem em que se encontram fixas as duas borrachas encontra-se tapada, para que a água do sector abaixo da borracha inferior não seja captada quando o sistema se encontra montado e em bombagem. O troço de tubagem entre as duas tubagens encontra-se perfurado para permitir a entrada de água para o seu interior e o seu encaminhamento para a parte superior do trem de varas. Este tipo de obturador, tal como se ilustra na figura seguinte, permite extrair a água, de forma isolada, de um único sector de tubo ralo. A extensão entre as borrachas pode variar, sendo ajustável caso a caso. O enchimento das câmaras de borracha pode ser realizado com ar ou com água através de mangueiras próprias ligadas à superfície. A injeção de ar ou de água para o interior das borrachas é garantida à superfície através de uma por bomba, de água ou de ar, manual ou eléctrica. Dois manómetros à superfície, ligados às tubagens, permitem medir a pressão do ar ou da água no circuito ligado às borrachas de expansão. As borrachas do obturador, quando expandidas, ocupam o espaço entre a parede da tubagem de revestimento e a tubagem a que se encontram ligadas. A pressão das borrachas do obturador, controlada através do manómetro à superfície, deverá ser superior à pressão exercida pela coluna de água estabilizada, que se desenvolve acima da profundidade a que se pretende colocar o obturador, ou superior à pressão da água da zona dos ralos a desenvolver.

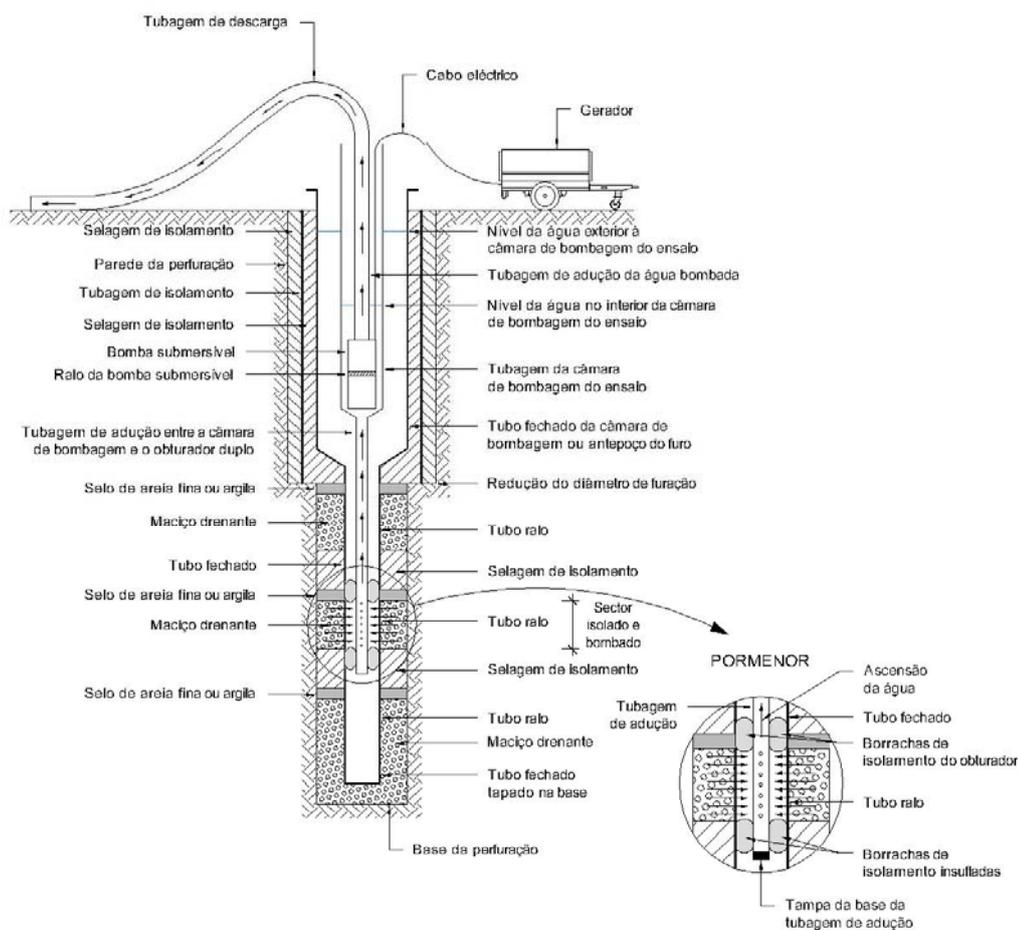
Num obturador simples existe apenas uma borracha de expansão na base do trem de varas. A tubagem encontra-se aberta na base, imediatamente após a borracha. Este sistema permite apenas isolar da captação abaixo do obturador e não um sector com uma extensão específica como no caso do obturador duplo. Todo o restante sistema relacionado com a montagem da bomba submersível, das varas e da expansão da borracha são idênticos ao descrito para o obturador duplo.

Uma vez montado o obturador, duplo ou simples, e todo o sistema de varas e de bombagem, procede-se à bombagem de água pelo interior das tubagens do trem de varas. Convém verificar se o nível de água da zona exterior ao trem de varas se mantém estático, o que permite comprovar o adequado isolamento das borrachas. Poderá ocorrer o abaixamento deste nível caso o sector a isolar se situe entre ralos de um mesmo maciço drenante em que possa ocorrer intercomunicação entre os ralos e os níveis aquíferos abaixo e acima do nível isolado com o obturador.

A utilização do obturador duplo será sempre preferível em sistemas de ralos em que o maciço drenante não seja comum a outros ralos situados acima ou abaixo do sector onde o obturador se encontra instalado.

No caso de um obturador simples, a principal limitação relaciona-se com o facto de que a bombagem poderá desenvolver apenas alguns dos ralos situados abaixo do obturador e não ser eficiente para todos os ralos, em especial os mais profundos, que são, por norma, os mais colmatados e de difícil desenvolvimento.

A bombagem neste método poderá ser por ciclos de paragens e arranques, para conseguir a movimentação e agitação dos materiais finos a remover, ou por sobrebombagem, a qual só deverá ser implementada após algum desenvolvimento dos ralos em questão, sob pena de colapso dos ralos.



SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO COM BOMBAGEM
RALO A RALO COM RECURSO A OBTURADOR DUPLO



7.7.2.3 – Métodos químicos

7.7.2.3.1 – Produtos químicos

Os produtos químicos aplicados no desenvolvimento de uma captação têm por objectivo a dispersão e desfloculação das lamas de estabilização de natureza argilosa, de modo a facilitar a sua remoção. Os produtos mais utilizados são:

- Tri-polifosfatos
- Hexametafosfatos
- Tetra-pirofosfatos

A aplicação destes produtos deverá incidir preferencialmente ao nível dos ralos pelo que a sua aplicação no furo não deverá consistir na sua introdução à boca do furo e esperar que se propaguem até à base da captação. Será preferível e mais eficiente proceder à sua injeção no sector dos ralos através da introdução de um trem de varas até à profundidade de cada zona de ralos. Para o efeito torna-se necessário preparar uma solução concentrada do produto num recipiente em plástico rígido.

~No caso das lamas de estabilização serem constituídas por polímeros ou lamas biodegradáveis deverão aplicar-se pelo mesmo processo os dispersantes recomendados pelos fabricantes dos polímeros assim como as respectivas concentrações. As lamas biodegradáveis vão-se dispersando naturalmente por fragmentação e destruição das cadeias que constituem os polímeros, pelo que a eficiência da captação tenderá aumentar naturalmente ao longo do tempo.

7.7.2.3.2 – Sequência e metodologia de aplicação

O processo de desenvolvimento deverá ser iniciado de forma suave progredindo gradualmente para intervenções e métodos mais energéticos. Antes da execução dos trabalhos de desenvolvimento deverá proceder-se à realização de uma endoscopia ao longo de todo o furo para avaliar o grau de turvação da água, o estado de limpeza da captação, o grau de colmatação dos ralos e a extensão de resíduos ou lamas acumuladas na base da coluna de revestimento. Só em função desta informação inicial é que se deverá programar a sequência específica dos trabalhos de limpeza e desenvolvimento. Nesta fase preliminar deverá ser realizado um ensaio de bombagem para avaliar as características hidráulicas da captação antes da sua limpeza. Este ensaio é em geral realizado com recurso à injeção de ar directo para extracção de água.

Numa primeira fase são em geral aplicados os métodos destinados à limpeza e desobstrução dos ralos e do sector imediato do maciço drenante, quer por meio de escovagem quer por meio do sistema de hidrojacto. Posteriormente a esta acção mecânica directa de desobstrução será oportuno a aplicação do método de aspiração por air-lift com panela simples para aspiração vertical e panela cilíndrica com perfurações laterais para aspiração dos ralos e das paredes do furo. Só após a limpeza e aspiração dos ralos e do maciço drenante será oportuno aplicar alguns dos produtos químicos mencionados pois a sua penetração será mais eficiente quer nos rasgos quer no maciço drenante. Após a aplicação dos produtos químicos, e de algum tempo de contacto e residência dos mesmos, é que será conveniente proceder à extracção de água com a injeção de ar comprimido directo, com paragens e arranques para forçar o fluxo dos materiais mais finos do interior do maciço drenante e do próprio aquífero envolvente. Esta operação deverá ser realizada com caudais de extracção progressivamente e gradualmente mais elevados. Deverá verificar-se se o caudal específico aumenta com evolução dos procedimentos de limpeza.

Após uma primeira fase de desenvolvimento deverá proceder-se a uma endoscopia do furo desde o topo até à base para a avaliação do estado de limpeza dos ralos, das paredes dos tubos fechados e da base da tubagem de revestimento.

Em resultado da endoscopia poderá verificar-se a necessidade de repetição das operações de desobstrução e limpeza nalguns sectores ou na aplicação de bombagem com obturadores simples ou duplos, nalguns tubos ralos, a profundidades específicas.

Durante o processo de limpeza e desenvolvimento da captação deverá proceder-se à verificação da quantidade de areia na água captada de modo a avaliar-se a eficiência do maciço drenante. Para o efeito deverá ser acumulado, a tempos, um volume de cerca de 1000 litros de água, num recipiente perfeitamente limpo e verificada a quantidade de areia presente por m³.

7.8 – Endoscopias

Uma endoscopia consiste na filmagem a cores, do interior de uma captação de água subterrânea, em tempo real, podendo-se proceder ao registo simultâneo em suporte digital.

Esta metodologia de visualização e análise do interior do furo é de fundamental importância no acompanhamento da construção de uma captação, quer para a verificação e confirmação da boa execução dos trabalhos, quer para a detecção de eventuais problemas ou patologias, decorrentes de uma inadequada execução.

Os equipamentos de endoscopia não permitem, no entanto, a avaliação dos diferentes diâmetros da tubagem de revestimento.

As sondas de filmagem podem ser de dois tipos distintos:

- com uma sonda de filmagem com rotação semi-esférica completa,
- com duas câmaras de filmagem incorporadas na sonda, que permitem a obtenção de imagens tanto segundo a direcção axial, no sentido do eixo do furo, como no sentido radial, isto é lateralmente, permitindo uma visualização orientada para a parede do furo, com rotação da câmara radial ao longo de 360°.

O diâmetro de algumas sondas pode ser de 50 mm permitindo a aquisição de imagens, segundo as duas direcções de filmagem, em furos com diâmetros internos da ordem de 75 mm, cerca de 3". O diâmetro da sonda revela-se de essencial importância na selecção dos equipamentos a utilizar em furos de captação de água com tubagens de revestimento com diâmetros reduzidos.



Sonda de endoscopia com uma câmara de filmagem com rotação semi-esférica.



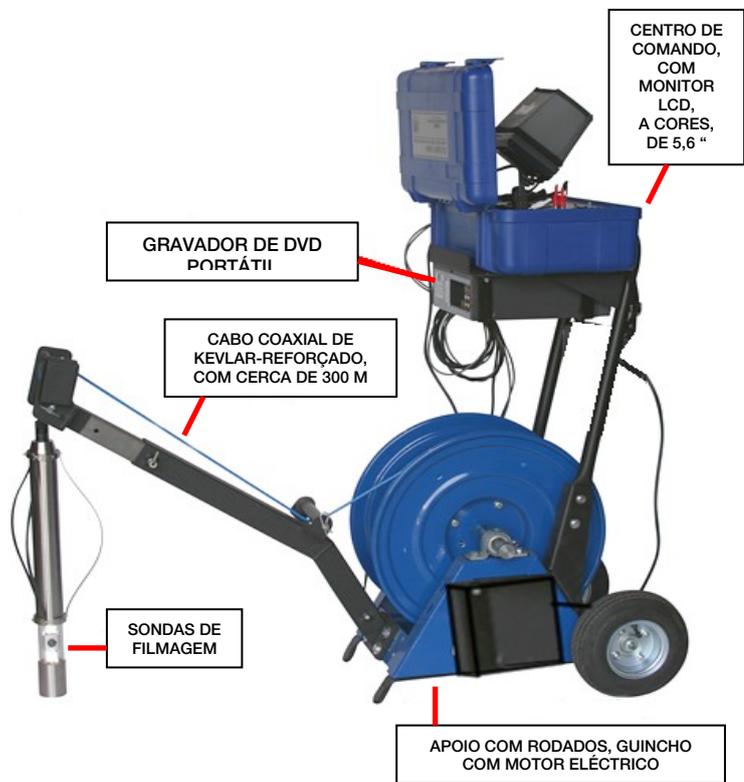
Sonda de endoscopia com duas câmaras de filmagem.

As sondas possuem sistemas de iluminação, frontal e lateral, incorporados nas câmaras de filmagem para permitir uma boa visualização das imagens em profundidade. A sonda, ou sondas, de filmagem encontra-se conectada a um cabo coaxial e de suspensão, enrolado num carretel accionado por motor eléctrico, permitindo atingir profundidades elevadas, podendo nalguns casos atingir maiores profundidades no âmbito dos 1200 m. Será conveniente selecção de equipamentos adaptados à profundidades que se pretendem atingir na endoscopia pois nem todos os equipamentos atingem aquela profundidade.

Um dos extremos do cabo coaxial e de suspensão é ligado, por sua vez, a um dispositivo de aquisição e de gravação de imagem que é instalado nas imediações da cabeça da captação. Este dispositivo visualização assim como o sistema de enrolamento podem estar instalados numa viatura do tipo comercial, ou serem do tipo portátil, e autónomos em termos de energia.



Sala de comando de equipamento montado em veiculo automóvel comercial.



Equipamento de endoscopia, portátil e autónomo.

As imagens recebidas em tempo real são visualizáveis num monitor a cores à superfície, durante a inspecção. No decurso da filmagem procede-se à gravação das imagens para um gravador de DVD ou para um computador portátil.

As imagens obtidas, assim como as que forem gravadas, são complementadas pelo sistema com a indicação no monitor, e na gravação, em contínuo, da profundidade a que a sonda se encontra.

A metodologia de execução de uma endoscopia consiste em introduzir a sonda de filmagem no interior do furo procedendo-se numa fase inicial à aferição do controlo da profundidade que é registado no écran e na gravação.

A endoscopia consiste na descida lenta ao longo do furo, com imagem recolhidas no sentido axial.

Quando se detectam aspectos de particular interesse na tubagem de revestimento, procede-se à sua filmagem lateral, quer com a rotação, no caso da câmara de rotação semi-esférica, quer com a câmara radial no caso da sonda com duas câmaras, o que permite obter imagens da parede da tubagem de revestimento com a orientação adequada para a sua análise.

Na ocorrência de um obstáculo que impeça a evolução da sonda de filmagem, os trabalhos deverão ser interrompidos, não se devendo progredir em profundidade caso se verifique o risco de não se conseguir proceder posteriormente à remoção da sonda. A realização de endoscopias em troços de furos não revestidos dependerá da estabilidade das paredes do mesmo, situação que deverá ser avaliada caso a caso por técnico habilitado.

Quando os furos apresentam mais do que um diâmetro na tubagem de revestimento, e a diferença de diâmetros é significativa, a endoscopia é interrompida à profundidade da redução de diâmetro, sendo recolhida a sonda até à superfície para reajuste do centralizador da mesma e posteriormente reintroduzida no furo, retomando-se a gravação de imagens ao nível da redução de diâmetro. Quando a redução de diâmetro da tubagem de revestimento é constituída por um cone de redução a sonda consegue, em geral, deslizar para a parte inferior do furo, com menor diâmetro.

Antes de se proceder à realização de uma endoscopia haverá que confirmar se o equipamento a utilizar é adequado à temperatura da água. Esta questão coloca-se, em especial, em águas com elevada temperatura, factor que poderá constituir um impedimento determinante para alguns equipamentos.

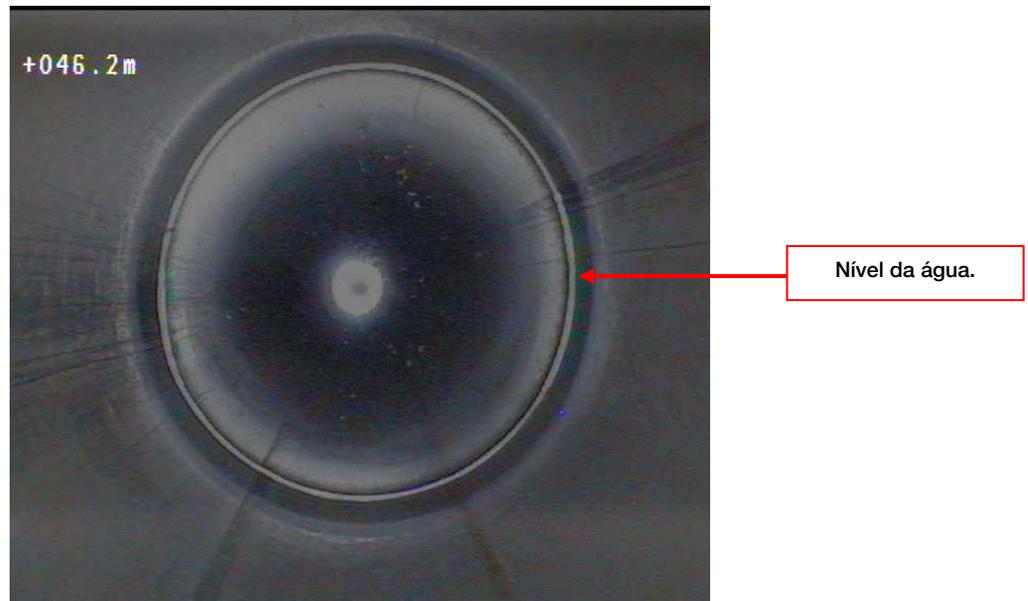
Para garantir uma total isenção na análise do interior do furo considera-se essencial que a endoscopia não seja realizada pelo empreiteiro que se encontra a executar a captação. Recomenda-se que a endoscopia seja efectuada por uma empresa independente, com reconhecida experiência e idoneidade, de modo a garantir uma análise objectiva e isenta da endoscopia. O técnico que proceder à endoscopia deverá possuir experiência adequada para conduzir as operações mas também, e sobretudo, saber interpretar correctamente as imagens visualizadas, identificar as várias componentes estruturais da captação e conseguir detectar eventuais patologias ou problemas que ocorram na captação.

As endoscopias não deverão ser realizadas apenas após a conclusão da construção da captação. No decurso da sua realização poderá verificar-se a necessidade da sua realização tais como após a realização da cimentação final para verificar se não ocorreram quaisquer entradas de calda para o interior da captação, ou durante as operações de limpeza para avaliar a eficiência das mesmas, entre outras situações.

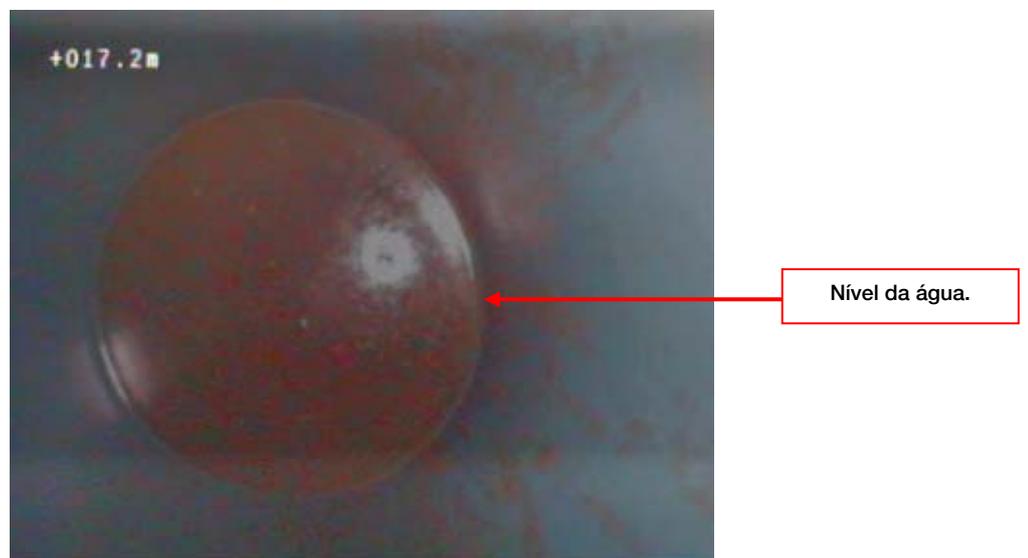
Numa endoscopia deverão ser analisados e registados os seguintes aspectos:

- posição do nível da água no interior do furo;
- avaliação e registo do grau de turvação da água do furo ao longo do furo;
- identificação do tipo de materiais dos tubos fechados (PVC, aço inox ou outros) aplicados ao longo do furo e registo das respectivas profundidades;
- avaliação da integridade estrutural da tubagem de revestimento e identificação de eventuais ou potenciais sectores com patologias estruturais com registos das respectivas profundidades;
- avaliação do estado de oxidação da tubagem, no caso de tubagens em aço inox, e registo das respectivas profundidades em função da respectiva intensidade;
- registo das profundidades do início e do fim dos tubos fechados e da totalidade da sua extensão;
- avaliação e registo do grau de limpeza dos tubos fechados ao longo do furo;
- identificação e caracterização do tipo de ligações entre tubagens;
- avaliação da qualidade de execução das uniões;
- identificação das profundidades das diferentes tubagens;
- registo das profundidades de todas as uniões entre tubagens e tipos de tubagens entre uniões (entre tubos fechados, entre tubos ralos, e entre tubos ralos e tubos fechados e vice versa);
- condições de execução das uniões;
- identificação do tipo de materiais dos tubos fechados (PVC, aço inox ou outros) aplicados ao longo do furo e registo das respectivas profundidades;
- registo das profundidades do início e do fim dos tubos ralos e da totalidade da sua extensão;
- avaliação do grau de limpeza e desobstrução dos tubos ralos, registando as profundidades dos sectores com diferentes graus de limpeza e desobstrução;
- registo das profundidades do topo e da base dos cones de redução;
- avaliação do grau de limpeza da base ou pé da coluna de revestimento;
- profundidade da base da coluna de revestimento ou do topo dos resíduos eventualmente acumulados na base da tubagem;
- profundidades do início e da base de um eventual sector sem tubagem de revestimento (“open-hole”);
- identificação da presença de biofilme, intensidade de ocorrência e respectivas profundidades;
- identificação de indicadores da presença de ferro bactérias;

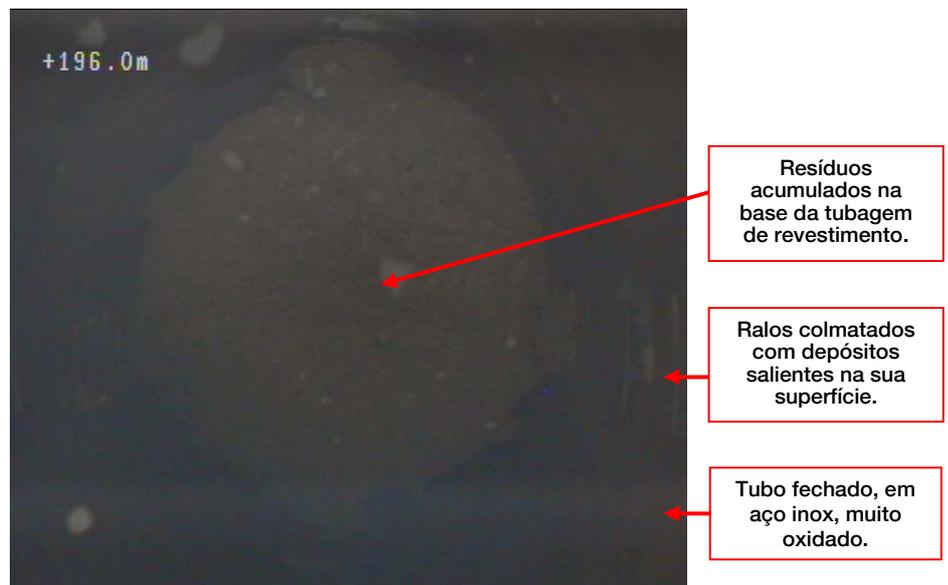
- identificação de patologias na captação, com registo das respectivas profundidades e descrição detalhada das suas características tais como fissuras ou buracos na tubagem, escorrências ou indícios de entradas de água em sectores de tubo fechado ou através de juntas mal executadas, existência de depósitos de sais em sectores de tubo fechado, roturas nos ralos, assoreamento, deformações da tubagem, obstruções da tubagem, presença de calda de cimento no interior da tubagem, presença de objectos ou materiais caídos ao longo do furo, presença de macrozoários, entre vários outros aspectos que podem ser detectados no decurso de uma endoscopia.



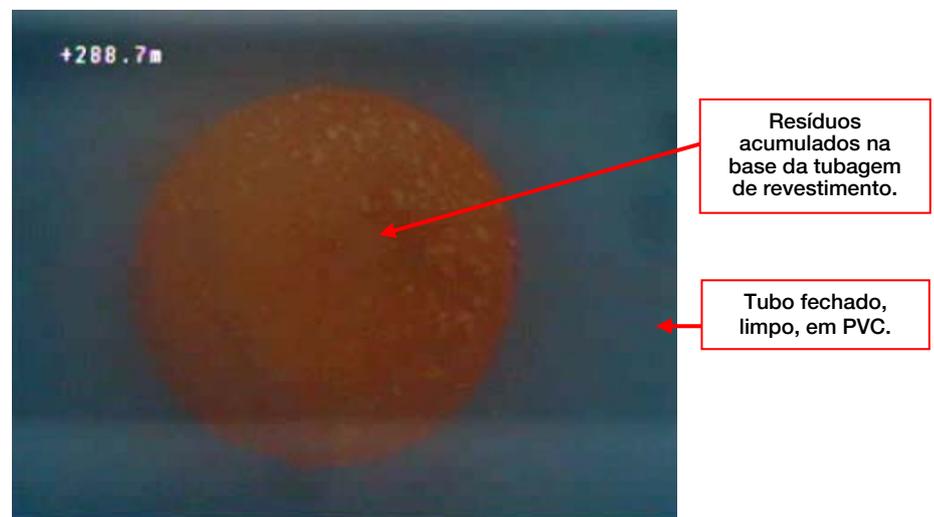
Fotografia de endoscopia – Aspecto da superfície da água, limpa, no interior da captação.
Vista axial.



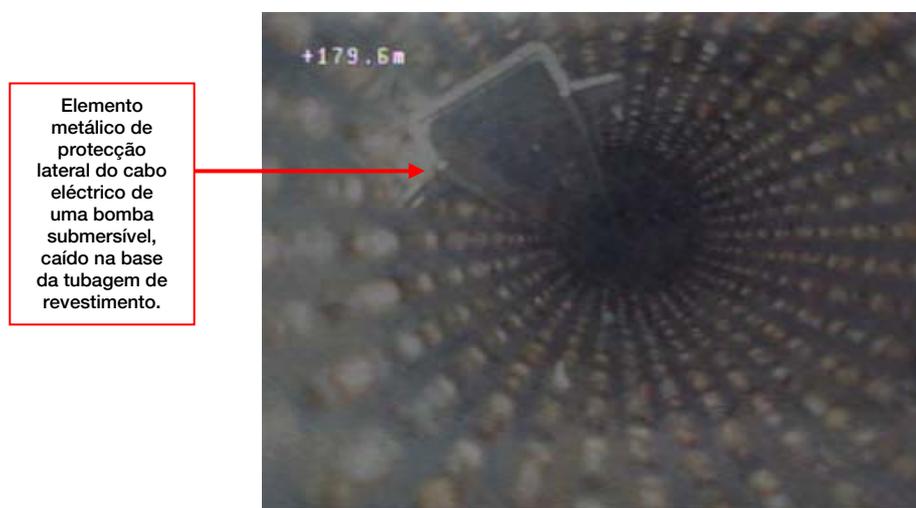
Fotografia de endoscopia - superfície da água no interior da captação,
turva e com muitas partículas em suspensão. Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Acumulação de resíduos na base da tubagem de revestimento atingindo a base dos tubos ralos inferiores. Vista axial.



Fotografia de endoscopia - resíduos acumulados na base da coluna de revestimento de uma tubagem em PVC (zona também designada por saco ou pé da coluna). Vista axial.



Fotografia de endoscopia – Elemento metálico de protecção lateral do cabo eléctrico de uma bomba submersível, caído na base da tubagem de revestimento, n sector de tubo ralo. Vista axial.

A endoscopia deverá ser complementada com um relatório, o qual deverá incluir a gravação completa, em formato digital, das imagens recolhidas nas filmagens.

Neste relatório deverão constar, além das características dos equipamentos e da metodologia aplicada, um levantamento exaustivo sobre a estrutura da captação, uma análise comparativa deste levantamento com o diagrama construtivo final da captação fornecido pelo empreiteiro, a descrição do estado de limpeza da captação e respectivas profundidades, e a indicação e descrição detalhada de eventuais patologias detectadas.

7.9 – Desinfecção da captação

7.9.1 – Considerações gerais

Devido à grande quantidade de materiais e produtos introduzidos no interior do furo durante as várias fases de execução, é prudente proceder, após o desenvolvimento da captação, caso as primeiras análises bacteriológicas assim o determinem, a uma operação de desinfecção.

Uma operação de desinfecção consiste, tal como adiante se detalha, na injeção no interior da captação, a diversas profundidades, de uma solução bactericida com uma concentração conhecida, a qual deverá permanecer no interior do furo durante um determinado período, sendo o furo posteriormente bombado, ou aspirado da base para o topo, até que deixe de ser detectado qualquer valor residual do bactericida aplicado.

A persistência de material fino aderente às paredes do furo, nos ralos e depositado no fundo da tubagem de revestimento constitui um meio preferencial favorável para o refúgio, a acomodação e a acumulação de microorganismos.

Para garantir a preservação da qualidade microbacteriológica da água da captação não basta proceder apenas à sua desinfecção, sem que previamente a captação se apresente perfeitamente limpa, situação que deverá ser aferida através da realização de uma endoscopia após a fase de desenvolvimento.

Haverá assim que, antes de se proceder à desinfecção de um furo, garantir sempre uma adequada limpeza do mesmo ao nível das paredes da tubagem de revestimento, dos ralos e da base da captação.

Os bactericidas mais utilizados são o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio, produzidos com concentrações de cloro livre (Cl_2), em geral entre 13 % e 17 %. Poderão ser utilizados outros bactericidas, existindo no mercado uma larga oferta deste tipo de produtos. A decisão sobre o tipo de produtos bactericidas a aplicar, respectivas concentrações e metodologia de aplicação, compete ao consultor projectista da captação ou a um especialista em microbacteriologia, em particular se ocorrerem espécies microbacteriológicas específicas.

Os produtos bactericidas a aplicar devem possuir métodos que permitam determinar, experimentalmente, a sua concentração na solução bactericida a introduzir no furo, bem como permitir determinar, também experimentalmente, a sua concentração residual no final da operação, durante a bombagem ou aspiração do furo.

Deverão ser aplicados produtos que não se fixem nos materiais e no maciço, que possam relacionar-se, a médio ou longo prazo, com problemas para a saúde.

Em águas muito mineralizadas grande parte do agente bactericida livre aplicado na solução de desinfecção poderá ser assimilado pelos componentes da própria água. Por este motivo deverá procurar-se determinar a concentração de agente bactericida activo, necessária para se obter uma concentração adequada para garantir a sua eficiência na desinfecção da água do furo. Por vezes só a experimentação de vários doseamentos com água do próprio furo é que permite determinar a concentração apropriada. Para conseguir realizar a verificação das várias concentrações do bactericida torna-se necessário o recurso a equipamentos portáteis, ou testes rápidos, de detecção da concentração do bactericida.

No caso da aplicação do hipoclorito, é a actuação do cloro livre junto da estrutura das células dos microorganismos que garante a destruição dos mesmos. Em geral aplica-se uma solução bactericida com cerca de 100 ppm de cloro livre na desinfecção das captações, embora esta concentração dependa da composição da água, do pH e da sua temperatura.

O cálculo da concentração de cloro livre na solução bactericida depende da percentagem de cloro livre do produto concentrado adquirido, em geral variável entre 13% a 17%. O produto concentrado deverá ser adquirido na forma líquida, não se recomendando a utilização da versão granular pois, por vezes, é difícil a sua total dissolução.

Num concentrado de hipoclorito com 17% de cloro livre, como normalmente é comercializado, significa que num litro daquele produto concentrado só 17 % do mesmo corresponde a cloro livre, isto é, em 1000 ml de solução só 170 ml correspondem a cloro livre. Na mesma proporção teremos cerca de 100 ml de cloro livre em 558 ml do mesmo produto concentrado. Assim, se se adicionar 558 ml do referido produto concentrado, num depósito com um metro cúbico (1.000.000 ml) de água, obtém-se uma solução bactericida com, teoricamente, uma concentração com cerca de 100 ppm de cloro livre, isto é, 100 ml de cloro livre em 1.000.000 ml de água, aproximadamente. No entanto, tal como se referiu anteriormente, se a água do furo possuir uma mineralização apreciável, dependendo da sua composição, grande parte, ou mesmo a totalidade, do cloro livre da solução bactericida poderá ser assimilado pelos componentes da água existente na captação, perdendo-se grande parte, ou mesmo a totalidade, do efeito bactericida pretendido devido ao consumo do cloro livre pela água do furo.

Devido ao efeito de consumo do cloro livre que se verifica nalgumas águas mineralizadas haverá que proceder à verificação da quantidade de cloro residual obtida em diferentes concentrações na água do furo. Neste caso a verificação do cloro livre em várias soluções bactericidas com diferentes concentrações de cloro livre deverá ser realizada através de equipamentos portáteis, ou testes rápidos, baseados em métodos de colorimetria, com resolução para a detecção do cloro residual da ordem de 100 ppm. Esta indicação decorre do facto dos equipamentos, ou testes rápidos, utilizados neste tipo de detecção das concentrações iniciais mais elevadas não serem adequados, em termos de resolução de detecção, para a fase final para verificação de cloro residual após a aplicação e bombagem ou aspiração do furo. Haverá que garantir um tipo de equipamento, ou teste rápido, para a fase de maior concentração, e outro para a detecção de menores concentrações para a fase de verificação do cloro residual após bombagem ou aspiração da captação no final. Para a detecção de cloro livre residual recorre-se a fotómetros portáteis que permitem determinar a presença de cloro livre residual até cerca de 0,1 ppm.



Fotómetro portátil para determinação do cloro residual.

Deverá ter-se em conta também o efeito de diluição que a própria água do furo e do aquífero irão exercer sobre a concentração inicial.

No caso de tubagens em aço inox a concentração das soluções bactericidas não deverá ser elevada pois este tipo de desinfectante é muito agressivo para este tipo de materiais, promovendo a sua corrosão.

Se a contaminação microbacteriológica persistir após uma ou duas operações de desinfecção, haverá que reanalisar as endoscopias realizadas e procurar detectar eventuais deficiências construtivas que possam revelar-se como responsáveis pela entrada local de contaminação para o interior da captação, que em geral tendem a ocorrer ao nível da parte superior da mesma. Se após estes estudos complementares não forem detectadas quaisquer patologias ou deficiências construtivas, haverá que encarar o problema não como uma contaminação na captação mas, muito provavelmente, do aquífero, situação muito mais complexa, que poderá implicar a procura da fonte de contaminação numa zona alargada em torno da captação, implicando trabalhos que ultrapassam o âmbito da presente abordagem. Continuar com operações de desinfecção neste cenário em nada adiantará pois a origem do problema não reside na captação, pelo que novas operações de desinfecção, ou concentrações de bactericida mais elevadas, por certo só contribuirão para degradar a tubagem de revestimento e aumentar os custos da empreitada.

Convém referir que, não existem produtos milagrosos no mercado que erradiquem a contaminação por artes mágicas como muitos técnicos de vendas procuram convencer alguns donos de obra. Haverá que distinguir as situações entre uma contaminação microbacteriológica normalmente associada aos trabalhos de execução da captação, que na maioria dos casos é erradicada com uma ligeira desinfecção da captação, e entre uma contaminação do próprio aquífero, cuja gravidade varia caso a caso, mas que no cenário mais desfavorável poderá não ter solução.

7.9.2 – Metodologia de aplicação da solução bactericida

A metodologia de desinfecção do furo após a sua limpeza consiste basicamente na injeção de uma solução bactericida a diferentes profundidades no interior do furo, com o objectivo de procurar uma distribuição homogénea da solução ao longo da captação desde a base até ao topo.

A preparação da solução deverá ser realizada em recipiente de plástico com volumetria compatível com grande parte do volume da totalidade da solução bactericida a injectar no furo.

O volume a injectar deverá corresponder, pelo menos, ao volume do interior da tubagem de revestimento. Não existe qualquer procedimento normativo relativamente à volumetria a injectar, embora o mesmo se situe entre duas a três vezes a volumetria do interior da tubagem de revestimento. Esta prática tem por objectivo a penetração da solução bactericida na zona do aquífero envolvente à captação, dependendo da extensão linear do aquífero.

Após a introdução do produto bactericida no recipiente de preparação da solução a injectar, deverá proceder-se à recirculação da solução em circuito fechado de modo a garantir a homogeneização da mesma.

A operação de desinfecção da captação consiste, normalmente, em descer até à base do furo um trem de varas em hidronil com uniões roscadas, com diâmetro de cerca de 25 mm ou 50 mm, previamente limpas e desinfectadas com uma solução de hipoclorito a 100 ppm de cloro livre. O Empreiteiro deverá implementar em obra um conjunto de estruturas lineares para garantir a prévia desinfecção individual das tubagens de injeção da solução bactericida, antes de serem introduzidas no interior do furo.



Uma vez posicionado o trem de varas até à base do furo, deverá ser injectada a solução bactericida, num volume pré-determinado, que corresponda no mínimo à coluna de água no furo entre injeções consecutivas. Após a injeção deste volume de solução bactericida as varas de injeção devem ser subidas de modo a que a sua base se posicione alguns metros acima da profundidade da injeção anterior. Esta operação de injeção da solução bactericida será repetida a espaços predefinidos até ao topo da captação. Considera-se vantajoso que a ponteira de injeção seja constituída por uma pequena tubagem cilíndrica, perfurada lateralmente mas fechada na base, com diâmetro semelhante ao da tubagem de revestimento, para permitir que durante a injeção a solução bactericida seja direccionada para as paredes do furo e para os ralos.

Após a conclusão da operação de injeção, a solução bactericida deverá ser mantida em contacto no interior da captação pelo menos por um período de duas horas, embora este período seja variável consoante o tipo de produto bactericida. A eficiência do produto bactericida aumenta com o tempo de contacto ou de permanência. No entanto, o efeito de diluição poderá também aumentar, pelo que períodos de permanência muito prolongado não implicam necessariamente maior eficácia do bactericida.

Após a aplicação da solução bactericida ao longo de toda a extensão da captação, deverá proceder-se à sua extracção. A extracção por simples bombagem não é, em muitos casos, suficiente para a remoção da solução bactericida, a qual se pode acumular nalguns sectores do maciço drenante, de ralos menos produtivos ou na base do furo. Interessa, portanto, remover a solução desinfectante ao longo de toda a captação. Para o efeito poderá recorrer-se a um sistema de bombagem focalizada em profundidade ou ao sistema de aspiração por air-lift com duas mangueiras ou duas tubagens sobrepostas, tal como descrito anteriormente nos processos de desenvolvimento e limpeza da captação. Todas as tubagens que foram inseridas na captação para as operações de bombagem ou de aspiração, assim como a própria bomba submersível, deverão ser previamente submersas numa solução bactericida. A bombagem focalizada em profundidade a aplicar neste caso é idêntica à anteriormente descrita na alínea relativa ao desenvolvimento da captação, com a diferença de que nesta situação não se aplica qualquer obturador, em tudo o resto o dispositivo é idêntico. A tubagem deste sistema de bombagem é descido até cerca de um metro da base da tubagem de revestimento e iniciada a bombagem. A água bombada corresponderá à água que entra na base do trem de varas. Durante a bombagem deverá proceder-se à medição do cloro residual com um dispositivo colorimétrico ou fotométrico que permita a detecção de cloro livre até concentrações de 0,1 ppm. A tubagem só deverá ser elevada após atingir-se aquele valor. A extensão da elevação desta tubagem para uma nova profundidade de bombagem dependerá da sequência de profundidades aplicada aquando da injeção. A base do trem de varas deverá ser subida para os patamares aplicados na fase de injeção, recolocando-se sempre a câmara de bombagem no seu topo. Os procedimentos de controlo do cloro livre devem ser repetidos em cada patamar de bombagem. A base do trem de varas deverá ser sempre posicionada na zona dos vários ralos de modo a captar o mais directamente possível a água do interior do maciço, para onde parte do cloro injectado terá, por certo, progredido.

O procedimento descrito, de sequência de extracção da água e controlo do cloro residual, para a bombagem focalizada, deverá ser idêntico caso se opte pela extracção da água pelo método de aspiração.

Após a conclusão do processo de remoção do cloro livre do interior da totalidade da captação, deverá proceder-se à caracterização hidráulica do furo, através da realização de ensaios escalonados e de longa duração, os quais serão descritos no capítulo seguinte desta colecção de fascículos da Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente. As bombas a instalar para a realização destes ensaios assim como todas as tubagens

de adução entre a bomba submersível e a boca do furo deverão ser previamente desinfectadas numa solução bactericida.

A desinfecção da captação deve ter um carácter pontual decorrente da contaminação cruzada associada aos trabalhos construtivos empreendidos, não devendo ser realizada de forma periódica ou sistemática, o que só poderá denunciar problemas de contaminação do aquífero ou deficiente isolamento do furo, apenas contribuindo para a degradação dos materiais da captação.

8.

RELATÓRIO FINAL

Após a conclusão da construção da captação e a realização dos ensaios de bombagem, deverá ser elaborado pelo Empreiteiro, um relatório final detalhado sobre a sua execução e construção assim como sobre os ensaios e análises realizados. O relatório deverá ser obrigatoriamente subscrito e assinado pelo Director de Obra do Empreiteiro.

O referido relatório deverá ser tão completo quanto possível pois constitui um elemento essencial para futuros estudos hidrogeológicos no âmbito da realização de novos furos de captação de água na mesma zona, contribuindo para o conhecimento detalhado da captação, fundamental para a resolução de problemas associados ao envelhecimento do furo ou para o tratamento de patologias que se venham a desenvolver, razão pela qual os elementos a abordar e a incluir no âmbito de um relatório de um furo de água mineral natural são bastante extensos.

No texto do relatório deverão ser abordados, pelo menos, os seguintes assuntos:

- as coordenadas e cota da cabeça da captação;
- referência do processo de licenciamento e identificação da entidade emissora do mesmo;
- o período de execução dos trabalhos, com indicação das datas de início e de conclusão da obra;
- a descrição detalhada do faseamento dos trabalhos;
- a descrição litológica das formações perfuradas;
- indicação de sectores instabilizados, ou com cavidades;
- a metodologia de furação, mencionando diâmetros, processos e equipamentos de furação aplicados e respectivas profundidades;
- diâmetros de perfuração aplicados e respectivas profundidades, assim como alargamentos e respectivas profundidades;
- o tipo de lamas de estabilização aplicadas, no caso de perfuração com lamas de estabilização;
- resultados dos testes de controlo das lamas de estabilização no caso de perfuração com lamas,
- a profundidade total do furo e respectivas cotas da base e da cabeça;
- a profundidade a que foi detectado o primeiro aquífero;
- no caso de serem aplicadas lamas de estabilização deverá ser indicado o tipo e concentração (relação água/produto utilizado);
- a evolução dos caudais obtidos com compressor durante a furação e a ocorrência de sectores sem retorno a boca do furo;
- os procedimentos analíticos utilizados in situ;
- a qualidade físico-química das águas recolhidas durante a furação, em termos de pH, temperatura, condutividade e de outros parâmetros determinados;

- a qualidade das águas colhidas no decurso da perfuração baseada nas análises laboratoriais;
- a localização e profundidade de colheitas de amostras de água com amostradores de profundidade;
- as profundidades dos diferentes aquíferos baseada nos dados hidroquímicos e das diagrfias eléctricas;
- os níveis de água no furo registados diariamente no decurso dos trabalhos;
- a análise das diagrfias e respectivos modelos interpretativos e recomendações;
- os tipos de selantes aplicados e respectivas profundidades e volumes gastos;
- a relação água/cimento aplicado em cada troço cimentado;
- a indicação de aplicação de aceleradores ou retardadores de presa, e troços em que foram utilizados;
- tipos de selantes aplicados, quantidades consumidas e resultados dos ensaios de controlo de qualidade;
- tipos, materiais, diâmetros, espessuras e profundidades das tubagens de revestimento intercalar aplicadas;
- resultados da verticalidade do furo e esquema final da respectiva verticalidade;
- os resultados dos parâmetros analisados na água obtida através de bombagens de água com packer test e respectivas profundidades;
- descrição detalhada dos processos construtivos da captação;
- tipos, materiais, diâmetros, espessuras e profundidades das tubagens de revestimento definitivo aplicadas;
- os tipos, materiais, diâmetros, profundidades e extensões dos cones de redução aplicados na tubagem de revestimento definitivo;
- o tipo, materiais, extensão e profundidades dos tubos ralos e espessura de abertura dos rasgos;
- o tipo de união entre os diferentes tipos de tubagens;
- a metodologia de soldadura aplicada no caso de tubagens em aço inox soldadas;
- o tipo, profundidades, volumetria, e gama granulométrica do areão aplicado;
- a metodologia utilizada para a desinfecção do areão, o tipo de solução bactericida aplicada e a respectiva concentração;
- tipo de selante aplicado na selagem final e metodologia de aplicação;
- os volumes, sequências e profundidades da selagem final;
- a relação água/cimento aplicado em cada troço cimentado;
- a indicação de aplicação de aceleradores ou retardadores de presa, e troços em que foram utilizados;
- outros tipos de cimentações ou produtos utilizados para selagem;
- descrição detalhada da metodologia de limpeza e desenvolvimento da captação, respectiva duração, e dos produtos aplicados nestes trabalhos;
- resultados das endoscopias realizadas ao furo;
- indicação da metodologia de desinfecção aplicada, tipo de bactericida utilizado, concentração da solução, metodologia de aplicação e metodologia de bombagem ou aspiração final e resultados do controlo vestigiário do bactericida aplicado;
- metodologia aplicada, e duração da bombagem, na caracterização hidráulica da captação através de ensaio escalonado e na curva característica com determinação da eficiência da captação;
- características da bomba submergível efectivamente colocada e respectiva profundidade;
- caudal e regime de exploração recomendado;
- nível hidrostático e nível hidrodinâmico estabilizado;
- características das tubagens de adução desde a bomba submergível até à cabeça do furo, incluindo a válvula final;

- a caracterização hidráulica do aquífero baseado em ensaio de bombagem de longa duração e no respectivo ensaio de recuperação, com indicação do caudal e da duração da bombagem, e valores de transmissividade, coeficiente de armazenamento e permeabilidade obtidos;
- resultados das análises bacteriológicas e físico-químicas para licenciamento.

Como peças desenhadas deverá constar um diagrama definitivo do furo de captação de água, executado a escala adequada, preferencialmente 1/200, onde deverão constar as seguintes informações:

- as formações litológicas perfuradas e respectivas profundidades;
- os diâmetros de furação e respectivas profundidades;
- indicação dos caudais obtidos com compressor durante a furação, no caso de perfuração com ar comprimido como fluido de circulação;
- profundidades e extensões dos sectores em que se tenham verificado perdas totais sem retorno do fluido de circulação à boca da captação, sectores com cavidades, sectores instabilizados ou outros aspectos que tenham dificultado a perfuração;
- as profundidades, os tipos de materiais e os diâmetros da tubagem de revestimento;
- a profundidade, extensão, materiais, e diâmetros dos tubos fechados;
- a profundidade, extensão, materiais, diâmetros e aberturas dos tubos ralos;
- a profundidade, extensão, materiais, e diâmetros dos cones de redução;
- a profundidade e extensão do maciço drenante e gama granulométrica aplicada;
- a localização e profundidade dos sectores isolados e selados, com indicação do tipo de selante;
- a localização, profundidades e diâmetros das tubagens de isolamento intercalar;
- os resultados numéricos à respectiva profundidade de avanço aquando da determinação, assim como a representação em gráfico dos valores de pH, temperatura, condutividade, e de outros parâmetros característicos que tenham sido determinados no decurso a perfuração;
- resultados das diagrfias eléctricas projectados no diagrama;
- régua vertical, à escala, com indicação das profundidades;
- régua vertical, à escala, com indicação das cotas;
- cota da cabeça da captação baseada em levantamento topográfico de precisão;
- profundidade e cota do nível hidrostático e data de registo;
- profundidade e cota do nível hidrodinâmico estabilizado para o caudal de exploração recomendado, com data do registo.

As peças desenhadas deverão ainda incluir planta de localização regional do furo, à escala 1/25.000, e uma planta local de pormenor da zona da propriedade onde se encontra a captação à escala 1/1.000 ou 1/500, também com a localização exacta do furo.

Em anexo deverão constar:

- tabelas com o valores dos registos de pH, temperatura, condutividade, e outros parâmetros que tenham sido determinados no decurso da perfuração;
- tabelas com o tipo de lamas de estabilização aplicadas, os volumes consumidos para a produção das lamas, e os resultados dos testes de controlo das lamas de estabilização no caso de perfuração com lamas;
- tabelas com os resultados dos ensaios de caudal com compressor realizados no decurso da perfuração no caso de perfuração com ar comprimido;
- tabelas com os tipos de selantes aplicados, quantidades consumidas, e os resultados dos ensaios de controlo de qualidade realizados aos mesmos;
- registos e gráficos dos ensaios escalonados, a respectiva curva característica e determinação do caudal de exploração;

- registos e gráficos dos ensaios de bombagem de longa duração e respectiva recuperação e cálculos dos parâmetros hidráulicos de caracterização do aquífero.;
- dados referentes à instalação de obturadores e da bombagem da água abaixo da zona obturada;
- os registos da evolução do nível freático no interior do furo ao longo dos dias, quer sob a forma de quadro de resultados, bem como sob a forma de gráfico;
- registos e gráficos das diagrfias realizadas, assim como o respectivo relatório final
- os registos das determinações da verticalidade do furo;
- os relatórios das endoscopias realizadas, incluindo as respectivas filmagens em suporte digital;
- quadros com os registos dos bactericidas aplicados na desinfecção final da captação, tipos de bactericidas, concentração das soluções de desinfecção, profundidades de injeção e volumetrias injectadas em cada profundidade;
- quadros com a evolução dos registos das concentrações de cloro livre aquando das fases de aspiração ou bombagem e respectivas profundidades de determinação.
- o folheto de caracterização da bomba submergível instalada e respectiva curva característica;
- cópias de todas as partes diárias elaboradas durante a execução da captação;
- cópias das fichas técnicas dos tubos ralos, fornecida pelo fabricante;
- cópias das fichas técnicas dos tubos fechados, fornecida pelo fabricante;
- cópias das fichas técnicas dos cones de redução, fornecida pelo fabricante;
- cópias das fichas técnicas das lamas de estabilização, fornecida pelo fabricante;
- cópias das fichas técnicas dos selantes aplicados, fornecida pelo fabricante;
- cópias das fichas técnicas dos adjuvantes aplicados, fornecida pelo fabricante;
- cópias das fichas técnicas dos produtos bactericidas aplicados, fornecidas pelo fabricante;
- dois conjuntos de caixas de amostras do material de furação perfeitamente identificado, tal como mencionado anteriormente.

Deverão ser entregues ao Dono da Obra pelo menos dois exemplares do relatório final incluindo peças desenhadas, anexos e colecções de amostras de resíduos de furação.

9.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente e à empresa Sumol + Compal Marcas, o convite para a elaboração do presente documento.

O autor deseja agradecer às seguintes empresas a autorização e facilidades concedidas para fotografar e publicar fotografias dos seus equipamentos:

ÁGUAS MIL – Sociedade Exploradora de Águas Subterrâneas, Lda.

CARLOS ALBERTO BARREIRA RODRIGUES

GEOCONTROLE – Geotécnica e Estruturas de Fundação, Lda.

SONDAGENS CASAL, Lda.

SONDALIS – Captações de Água, Lda.

RENATO AZENHA – Sondagens e Captação de Água

RÓDIO PORTUGAL, S.A.

Todas as fotografias de endoscopias foram obtidas a partir das filmagens realizadas pelo autor no âmbito dos trabalhos executados na firma DATAGEO, Lda.

Algumas das fotografias apresentadas referem-se a equipamentos da extinta empresa A. CAVACO, Lda.

A transcrição dos desenhos originais do autor, para suporte digital, foi executada pelo desenhador Rui Silva, a quem o autor deseja agradecer a sua participação neste trabalho.

10.**LEGISLAÇÃO REFERENCIADA**

Decreto-Lei nº 84/2011, de 20 de Junho – altera e simplifica o regime de licenciamento do exercício das actividades de pesquisa e captação de águas subterrâneas, aprovado pelo Decreto-Lei nº 133/2005, de 16 de Agosto.

Despacho nº 14872/2009, de 02 Julho – define normas para a utilização dos recursos hídricos públicos e particulares.

Decreto-Lei n.º 93/2008, de 4 de Junho – segunda alteração ao Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

Decreto-Lei 97/2008, de 11 de Junho – estabelece os regime económico e financeiro dos recursos hídricos.

Decreto-Lei n.º 391-A/2007, de 21 de Dezembro - primeira alteração ao Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

Decreto-lei 306/2007, de 27 de Agosto - Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano.

Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio – Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro - aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro – estabelece a titularidade dos recursos hídricos.

Decreto-Lei nº 133/2005, 17 de Agosto - Aprova o regime de licenciamento da actividade das entidades que operam no sector da pesquisa, captação e montagem de equipamentos de extracção de água subterrânea.

Decreto-lei nº 142/2004, de 11 de Junho - estabelece as novas regras no domínio do licenciamento dos estabelecimentos termais, da organização, do funcionamento e da fiscalização do sector.

Decreto-lei 72/2004, de 25 de Março - transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 2003/40/CE, da Comissão, de 16 de Maio, que estabelece a lista, os limites de concentração e as menções constantes do rótulo para os constituintes das águas minerais naturais, bem como as condições de utilização do ar enriquecido em ozono para o tratamento das águas minerais naturais e das águas de nascente.

Decreto-lei 268/2002, de 27 de Novembro - estabelece as regras relativas ao reconhecimento das águas minerais naturais e as características e condições de a observar nos tratamentos, rotulagem e comercialização das águas minerais naturais e as águas de nascente.

Portaria nº 1220/ 2000, de 29 de Dezembro - estabelece as condições que as águas minerais naturais e as águas de nascente devem obedecer, na captação, para poderem ser consideradas bacteriologicamente próprias, em estabelecimentos termais e nos balneários dos estabelecimentos termais.

Decreto-lei 236/98, de 1 de Agosto - estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhoria da qualidade das águas. Normas de qualidade das águas.

Decreto-lei 156/98, de 06 de Junho - estabelece as regras relativas ao reconhecimento das águas minerais naturais e as características e condições a observar nos tratamentos, rotulagem e comercialização das águas minerais e águas de nascente.

Portaria n.º 703/96, de 6 de Dezembro - define as regras técnicas relativa às denominações, definições, acondicionamento e rotulagem das bebidas refrigerantes.

Decreto-lei nº 90/90, de 16 de Março - regime geral de revelação e aproveitamento dos recursos geológicos.

Decreto-lei nº 86/90, de 16 de Março - regulamento de exploração das águas minerais.

Decreto-lei nº 84/90, de 16 de Março - regulamento de exploração das águas de nascente.

11.

NORMAS E ESPECIFICAÇÕES REFERENCIADAS

ASTM F480-06be1 - Revises ASTM F480-06b Standard Specification for Thermoplastic Well Casing Pipe and Couplings Made in Standard Dimension Ratios (SDR), SCH 40 and SCH 80.

ASTM D1784-11 - Revises ASTM D1784-08 Standard Specification for Rigid Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Compounds and Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Compounds.

ASTM D1785-06 - Revises ASTM D1785-05 Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe, Schedules 40, 80, and 120.

ASTM D5092-04(2010)e1 – Revises ASTM D5092-04e1 Standard Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells.

BS EN 1452-1:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). General.

BS EN 1452-2:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Pipes.

BS EN 1452-3:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Fittings.

BS EN 1452-4:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Valves and ancillary equipment.

BS EN 1452-5:2000 Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U). Fitness for purpose of the system

DIN 2999 - Whitworth Tapered Pipe Thread.

DIN 4925-1:1999 - Threaded unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) water well filter pipes and casings - DN 35 to DN 100 pipes with Whitworth pipe thread.

DIN 4925-2:1999 - Threaded unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) water well filter pipes and casings - DN 100 to DN 200 pipes with trapezoidal thread.

DIN 4925-2:1999 - Threaded unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) water well filter pipes and casings - DN 250 to DN 400 pipes with trapezoidal thread.

DIN 8061: 2009 - Unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) pipes - General quality requirements and testing.

Especificação LNEC E-239 Análise granulométrica por peneiração húmida

ISO 10414 -1:2008 – Petroleum and natural gas industries – Field testing of drilling fluids – Part 1: Water-based fluids

ISO 10426-1:2009 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 1: Specification;

ISO 10426-2:2003 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 2: Testing of well cements;

ISO 10426-3:2003 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 3: Testing of deepwater well cement formulations;

ISO 10426-4:2004 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 4: Preparation and testing of foamed cement slurries at atmospheric pressure;

ISO 10426-5:2004 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 5: Determination of shrinkage and expansion of well cement formulations at atmospheric pressure;

ISO 10426-6:2008 Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing – Part 6: Methods for determining the static gel strength of cement formulations;

ISO 1163-1:1995 - Plastics - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) moulding and extrusion materials - Part 1: Designation system and basis for specifications.

ISO 1163-2:1995 - Plastics - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) moulding and extrusion materials - Part 2: Preparation of test specimens and determination of properties

NP EN 196-1;2006 Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinações das resistências mecânicas.

NP EN 196-3:2005 + A1:2009 Métodos de ensaio de cimentos. Parte 3: Determinação do tempo de presa e da expansibilidade.

NP EN 196-7:2008 Métodos de ensaio de cimentos Parte 7: Métodos de colheita e de preparação de amostras de cimento.

NP EN 196-8:2010 “Métodos de ensaios de cimentos. Parte 8: Calor de hidratação – Método da dissolução.”;

NP EN 196-9:2006 “Métodos de ensaio de cimentos Parte 9:Calor de hidratação – Método semi-adiabático.”.

NP EN 197-1:2001/A1:2005 Cimento – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes

NP EN 445 Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio (2000)

NP EN 446 Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos de injeção (2000)

NP EN 447 Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes (2000)

NP EN 14216:2005 Cimento. Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos especiais de muito baixo calor de hidratação

NSF / ANSI 14 – 2010a - Plastics piping system components and related materials.

NSF/ANSI – Standards 60, Drinking Water Treatment Chemicals – Health Effects.

NSF / ANSI 61 – 2011 - Revises NSF/ANSI 61-2010a Drinking water system components - Health effects.

12.

BIBLIOGRAFIA

Almeida, Elson (2005) “Tecnologia do betão. Laboratório. NP EN 934-2. Adjuvantes para betão. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem. ADJUVANTES. NP EN 934-2. Defenições. Adjuvante.” Versão 1.Apresentação em pdf. Universidade do Algarve. Escola Superior de Tecnologia. Área departamental de engenharia civil. 7 pág.
w3.ualg.pt/.../Tecnologia%20do%20betão/NP%20EN%20934-2.pdf

Areias, Manuel J. (2002) “A Construção de Captações de Água Mineral”. Prospecção, Pesquisa e Captação de Águas Minerais Naturais, Recursos Geotérmicos e Águas de Nascente. Comunicações II Sessões Técnicas das Comemorações dos 150 anos da criação da 1ª Comissão Geológica. Instituto Geológico e Mineiro (2002). Lisboa. Páginas 43 a 66.

Astier, Jean L. (1982) – “Geofísica Aplicada a la Hidrogeologia”. Paraninfo, S.A. .Madrid. 344 Pág.

Campbell, Michael D.; Lehr, Jay H. (1973) – “Water Well Technology”. McGraw-Hill Book Company. 681 pág.

Carvalho, Daniel P. (2002) “Valorização da Captação, Tipo Furo: Desenvolvimento e Ensaios”. Prospecção, Pesquisa e Captação de Águas Minerais Naturais, Recursos Geotérmicos e Águas de Nascente. Comunicações II Sessões Técnicas das Comemorações dos 150 anos da criação da 1ª Comissão Geológica. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa. Páginas 67 a 106.

- Carvalho, J. Martins de (1973) “O dimensionamento de captações de águas subterrâneas.”. Lourenço Marques : I.I.C.M., 1973. Páginas. 146-176. Setembro 1973. Memórias do Instituto de Investigação Científica de Moçambique. série B.
- Castany, G. (1968) – “ Traité Pratique des Eaux Souterraines”. Dunod, Paris. 661 pág.
- Castany, G. (1968) – “ Prospection et Explotation des Eaux Souterraines”. Dunod, Paris. 717 pág.
- Coutinho, Joana de Sousa (2006) “Materiais de construção 2 – 1ª Parte – Ligantes e Caldas 2002 (actualização 2006)”. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. 152 páginas.
- Costa, J. Quitério “Metodologia de exexução. Captações de água subterrânea.”
Apresentação em Power Point
<http://www.ipq.pt/backfiles/QuiterioCosta.pdf>
- Costa, J. Quitério (1998) “Moralização na exexução de furos de pesquisa e eventual captação de água subterrânea e métodos de perfuração utilizados na sua realização.”. 4º Congresso da Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Março. Lisboa.
<http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/157.pdf>
- Culver, Gene (1998) “Drilling and Well Construction. Chapter 6.” Geothermal Direct Use Engineering and Design Guidebook, Third Edition. Geo-Heat Center. Oregon Institute of Technology. Klamath Falls. Oregon, USA. Páginas 129 a 164.
<http://geoheat.oit.edu/pdf/tp65.pdf>
- Custodio, E.; Llamas, M. R. (Directores de Edicion) (1976) – “Hidrología Subterránea”. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. Espanha. Tomos I e II. 2347 páginas.
- Delleur, Jacques W. (editor) (1998) - “The Handbook of Groundwater Engineering”. Co-published by CRC Press LLC (USA) and Springer-Verlag GmbH & Co. KG (Germany).
- Duarte, S.; Silva, M. (1988) – “Captações de Águas Subterrâneas na Ribeira do Machico”. Revista Geolis, Vol. II Fasc. 1. Pág. 55 – 62.
- Driscoll, Fletcher G. (1986) “Groundwater and Wells.”. Johnson Division. Minnesota University, USA. Second Edition. 1089 páginas.
- Hearst, Joseph R.; Nelson, Philip H.; Paillett, Frederick L. (2000) – “Well Logging for Physical Properties”. John Wiley & Sons, Ltd. England. 483 pág.
- Land and water Biodiversity Committee (2003) “Minimum Construction Requirements for Water Bores in Australia.”. Edition 2. Revised September 2003. Land and Water Biodiversity Committee. Australia. 90 páginas
<http://www.water.wa.gov.au/PublicationStore/first/10437.pdf>
- National Water Commission (2012) “Minimum Construction Requirements for Water Bores in Australia.”. Third edition. Australian Government. National Water Commission. Published by Australian Drilling Industry Association (ADIA). Australia.134 páginas
<http://www.derm.qld.gov.au/water/management/pdf/minimum-const-req.pdf>
- Ramalho, Elsa C.; Silva, Manuel M.; Correia, António (2009) – “Diagrafias Aplicadas à Hidrogeologia”. Edição Palimage. Coimbra.282 pág.

- Tood, David K. (1959) - "Hidrologia de Águas Subterrâneas". Editora Edgar Blucher Ltda. Brasil. 319 pág.
- Martinez, Manuel V.; Lopez, Alfredo I. (1984) "Pozos Y Acuíferos – Tecnicas de Evaluacion Mediante Ensayos de Bombeo". Instituto Geologico y Minero de España. Madrid. 426 pág.
- Martins Ferreira, J.; Brito, A.; Rodrigues da Silva, A.; Sampaio, J.; Tavares, T.; Silva Soares, A.; Pinto, A. (2011) "Manual de Boas Práticas para Execução e Exploração de Furos de Captação de Águas Subterrâneas". Instituto Português da Qualidade. Comissão Sectorial para Água (CS/04). Grupo de Trabalho 03 – Pesquisa, Captação e Utilização de Águas Subterrâneas. Ministério da Economia e do Emprego. 67 páginas.
- Mikkelsen, P. Erik (2002) "Cement-Bentonite Grout Backfill for Borehole Instruments". Geotechnical Instrumentation News. December 2002. Pág. 38 -42.
- Roscoe Moss Company "Gravel Pack Design: The Nexus of Theory, Experience and Personal Preference" Technical Memorandum 006-2. 4 páginas.
<http://www.roscoemoss.com/documents/TechMemo006-2GravelPackDesign.pdf>
- Smith, Harman F. (1954) "Gravel Packing Water Wells" State of Illinois. Department of Registration and Education. State Water Survey Division. 5 páginas.
<http://www.isws.uiuc.edu/pubdoc/C/ISWSC-44.pdf>
- State of California (1995) Monitoring Well Design and Construction for Hydrogeologic Characterization. Guidance Manual for Ground Water Investigations. Environmental Protection Agency. 43 Páginas.
http://www.dtsc.ca.gov/SiteCleanup/upload/SMP_Monitoring_Well_Design.pdf
- State of California (1990) "California Well Standards: Water Wells, Monitoring Wells and Cathodic Protection". Bulletin 74-90 (Supplement to Bulletin 74-81). California Department of Water Resources. June 199. California, USA. 82 páginas.
http://www.water.ca.gov/pubs/groundwater/water_well_standards__bulletin_74-90/_ca_well_standards_bulletin74-90_1991.pdf
- State of California (1981) "Water Well Standards: State of California." The Resources Agency. Department of Water Resources. Bulletin 74-81. December 1981. California, USA. 92 páginas.
http://www.water.ca.gov/pubs/groundwater/water_well_standards__bulletin_74-81/_ca_well_standards_bulletin74-81_1981.pdf
- Tomé, Edgar F. D. (2010) "Injecção de caldas cimentícias em terrenos arenosos. Modelação física.". Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil de Geotecnia. Monte da Caparica 2011. 128 páginas.
- U.S. Army Corps of Engineers. Headquarters (2001) "Drilling Fluids." Chapter F-4. APPENDIX F SOIL SAMPLING. Engineer Manuals EM 1110-1-1804. 01 January 2001. Geotechnical Investigations, ENG 1836, ENG 1836A. U.S. Army Corps of Engineers Headquarters. USA. Páginas F-4-1 a F-4-21.
http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/EM_1110-1-1804_sec/EM_1110-1-1804_Sections/appendF-04.pdf

2012

COLECÇÃO CADERNOS TÉCNICOS

CONHEÇA TODA A COLECÇÃO DE
CADERNOS TÉCNICOS SOBRE
PROSPECÇÃO, PESQUISA,
EXPLORAÇÃO E PRESERVAÇÃO
DE ÁGUAS MINERAIS NATURAIS E
DE ÁGUAS DE NASCENTE

EM WWW.APIAM.PT