

UM ESTUDO DE CASO SOBRE O REUSO DE ÁGUA DE DRENAGEM EM CANTEIRO DE OBRAS

Camila Mareco de Sousa (*), Igor Andrade Lima, Roberto José Almeida de Pontes

* Universidade Estadual do Ceará – camilamareco@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho analisa, através de ensaios em laboratório e embasamentos normativos brasileiros, a viabilidade técnica e econômica da reutilização de águas de origem subterrânea, proveniente de um sistema de rebaixamento permanente de lençol freático, durante a construção de um edifício residencial multifamiliar localizado na cidade de Fortaleza-Ceará, como insumo em serviços do canteiro, como concretagem de peças estruturais e argamassas de revestimento. No contexto deste estudo de caso, o processo executivo da obra deixa de utilizar a água potável do abastecimento público em atividades que não necessitam de água tratada.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de água, drenagem subterrânea, sustentabilidade, canteiro de obras, amassamento de concreto.

INTRODUÇÃO

A água é de fundamental importância para a indústria da construção civil, constituindo-se em um dos insumos mais consumidos no processo. Portanto, qualquer tecnologia que possa propiciar melhor eficiência alocativa gerando economia é de grande relevância para a economicidade do processo produtivo; bem-estar social e preservação ambiental, dentre outros benefícios.

É fato comum nos edifícios residenciais, nos últimos anos, a utilização de subsolos para abrigar vagas de garagem. Quando isso acontece em locais onde o subsolo encontra-se em uma cota muito próxima ou abaixo do nível da água do lençol freático, demanda um sistema permanente de rebaixamento, através do qual, direciona-se essa água para o sistema de microdrenagem pluvial público, tanto durante o período de construção como também na rotina do edifício habitado.

OBJETIVOS

Verificar se é viável tecnicamente e economicamente a utilização de água de drenagem subterrânea definitiva para amassamento de concreto e argamassa, durante a execução da obra de um empreendimento. Possibilitando a redução de consumo de água potável fornecida pela concessionária.

METODOLOGIA

Realizou-se um ensaio para caracterização físico-química e microbiológica da água coletada pelo sistema de drenagem subterrânea. Os parâmetros utilizados como referência são os determinados pela norma técnica ABNT NBR 15900-1 – Água de amassamento de concreto, pois dessa forma a água atenderia à serviços de fabricação de concreto e argamassas, que exigem uma caracterização mínima da água, e aos demais que não tem nenhuma exigência de composição específica, como lavagem de equipamentos e compactação de aterros. Posteriormente, os indicadores encontrados nos ensaios foram comparados aos parâmetros definidos nesta norma como exigência. Como o laboratório local não realizava os ensaios de todos os parâmetros listados na norma, foram realizados também ensaios relacionados ao tempo de início e final de pega e ensaios de resistência à compressão com pasta de cimento e água, de acordo com as normas ABNT NBR 16607:2018 e ABNT NBR 5739, respectivamente.

Para analisar o resultado econômico, foram coletados **dados históricos de consumo médio de água em obras** semelhantes à do estudo de caso para a realização dos serviços, informações à cerca da duração da obra e dados referentes aos custos de consumo de água fornecida pela concessionária. Dessa forma, estimou-se um valor que poderá ser economizado no orçamento da construção, referente à aquisição de água tratada e coleta de esgoto.

RESULTADOS

O empreendimento

O canteiro estudo de caso deste trabalho é a obra em execução de um condomínio vertical residencial multifamiliar composto de duas torres de 22 pavimentos com 176 apartamentos e 02 subsolos destinados ao estacionamento de veículos. A área comum é composta por: piscina de adultos e infantil, deck, quadra poliesportiva, salão de jogos, academia, hall social e playground, além de cerca de 1.700 m² de jardins. A obra localiza-se no bairro Papicu na cidade de Fortaleza – Ceará e tem uma área total de 11.336,42 m² e uma área construída de 53.039,50 m². A Figura 1 identifica a planta baixa de situação do empreendimento.

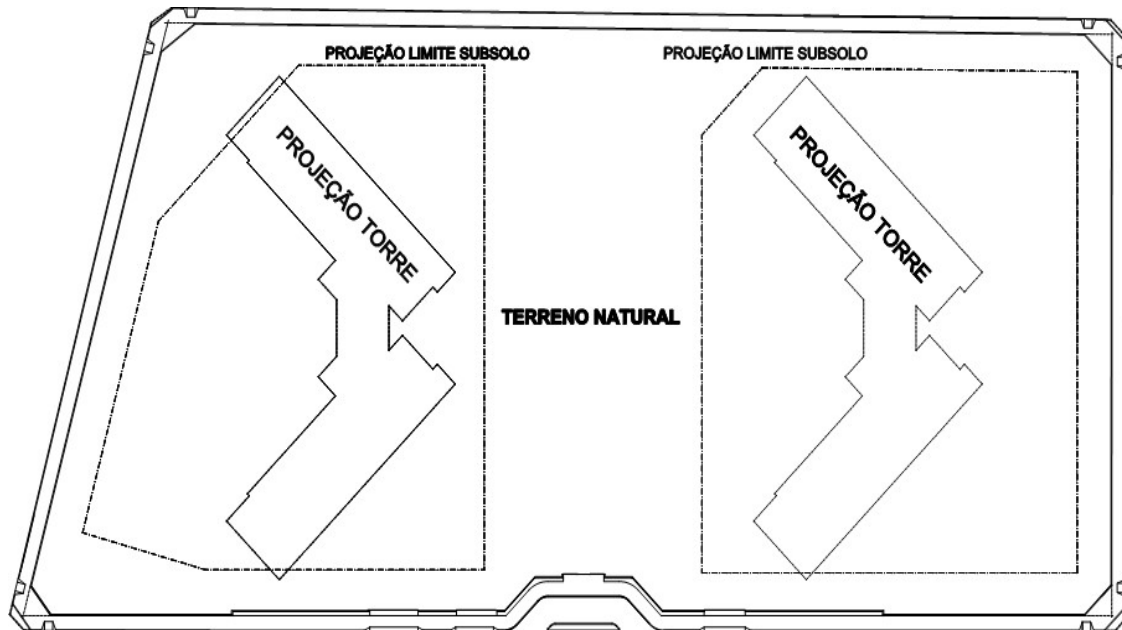


Figura 1: Plata baixa de situação do empreendimento. Fonte: Autor do Trabalho.

O sistema de drenagem

Com o intuito de identificar as características do subsolo, foram realizados 09 furos de sondagem a percussão. Este estudo revelou que o nível da água do lençol freático presente no subsolo estava presente a cerca de 1,20m do nível do piso do subsolo mais profundo. Com isso, fez-se necessário projetar e aplicar um sistema de rebaixamento por drenagem subterrânea que, de acordo com Alonso (1999), é usualmente utilizado em subsolos de edifícios com grande área e baixo volume de água, pois também propicia a eliminação de subpressão na laje.

O sistema de drenagem é composto por drenos subterrâneos dispostos em formato de “espinha de peixe”, que transportam a água até poço de captação, de onde, posteriormente, a água é destinada ao sistema de microdrenagem urbana (ALONSO, 1999). A Figura 2 mostra o detalhe construtivo dos drenos que compõem o sistema.

Quando a captação é realizada através de um dreno tubular utilizam-se tubos dreno de polietileno de alta densidade (PEAD), que são tubos corrugados e perfurados para permitir a captação da água. Esses tubos também podem ser feitos de concreto perfurado ou poroso. O material filtrante será disposto ao redor do tubo condutor e sua especificação depende da granulometria informada no projeto de execução. Além disso, é feito o adensamento desse material adotando um compactador vibratório garantindo a imobilidade do tubo e o correto tamanho das espessuras de camadas de granulometrias diferentes. É necessário que os tubos condutores estejam de acordo com a inclinação informada pelo projeto para garantir a eficiência na condução da água até seu deságue (NORMA DNIT 015, 2006).

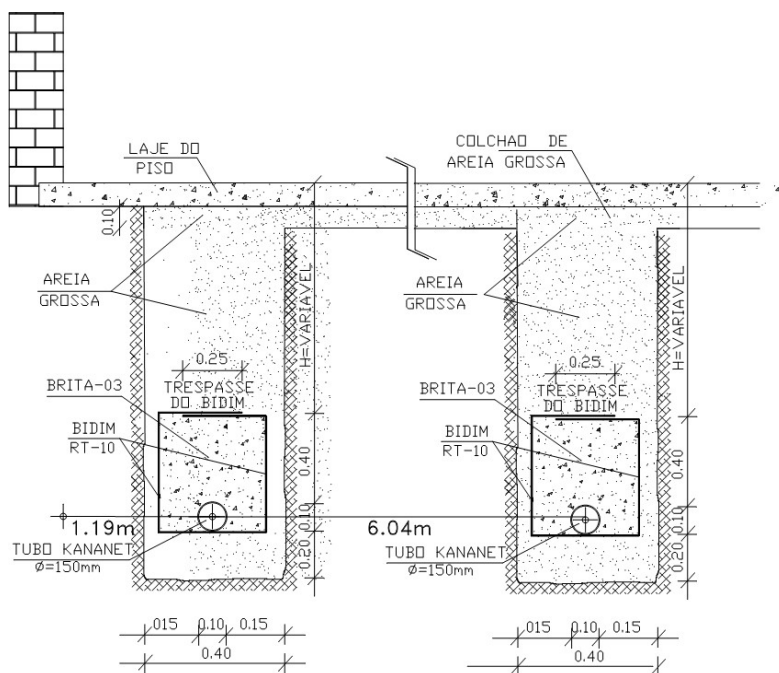


Figura 2: Detalhe construtivo dos drenos do sistema de drenagem subterrânea. Fonte: Autor do Trabalho.

A água

Conforme Rebouças, Braga e Tundisi (2006) embora maior parte do planeta apresente a superfície coberta por água apenas uma pequena parcela desse total representa a quantidade de água doce, mais precisamente 2,5%. Ainda assim desta pequena parcela de água, a quantidade explorada mais facilmente pelos seres vivos representa apenas 0,3% do total de água doce disponível, encontrada em rios e lagos, o restante está em regiões subterrâneas.

Segundo Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS (2018), a água subterrânea encontra-se distribuída em duas zonas (Figura 3): zona não saturada ou zona de aeração e zona saturada. A zona não saturada ou zona de aeração possui a característica de apresentar em sua constituição a presença de água e ar. A zona saturada compreende em sua composição a presença apenas de água, cuja sua procedência vem do excedente de água da zona não saturada que por meio da força da gravidade ou pelo próprio peso vence a força de adesão da zona não saturada e se acumula entre os poros, frestas ou fraturas das rochas, formando assim o manancial subterrâneo propriamente dito.

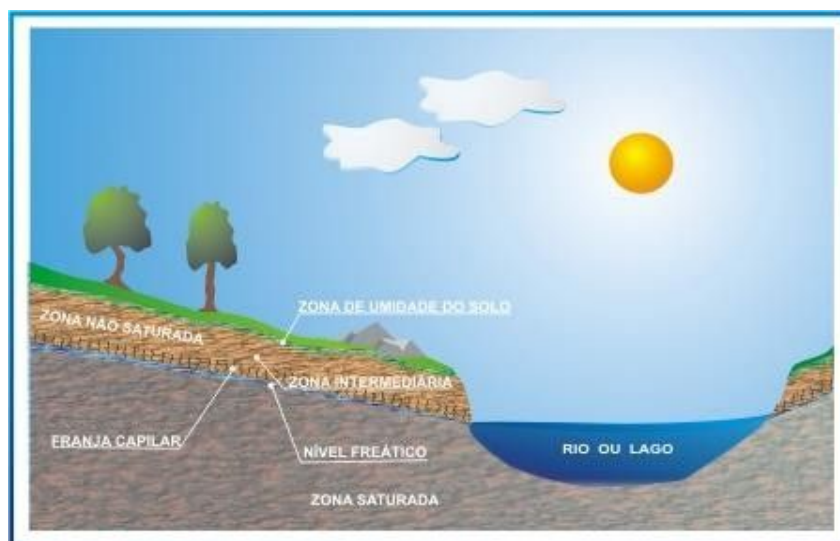


Figura 3: Disposição esquemática das zonas de água no subsolo. Fonte: ABAS, 2019.

Entre as zonas de aeração e de saturação, encontra-se uma superfície imaginária que delimita, de acordo com as irregularidades topográficas, o nível do lençol freático, que se encontra localizado em rochas superficiais permeáveis. A variação da altura do nível d'água ocorre devido ao aumento ou diminuição do volume do lençol freático, cuja alternância de volume depende, principalmente, das precipitações (POMEROL *et al.*, 2013).

Segundo Caputo (1998), o conhecimento da profundidade do nível de lençol freático é de fundamental importância para obras civis. Serviços como execução de redes de instalações subterrâneas, fundações de edificações, barragens, pontes, contenções dentre outras obras que envolvam a movimentação de terra abaixo do nível freático d'água do terreno em questão, se tornam bastante dificultosas ou até mesmo impossíveis de serem realizadas, além de modificar o equilíbrio do terreno gerando instabilidades e possíveis desmoronamentos de taludes. Para que essas obras sejam executadas sem problemas relacionados à água do lençol freático, é necessário reduzir esse volume de água ou até mesmo eliminá-lo através de processos como rebaixamento do lençol freático ou drenagem.

De acordo com Lopes (2015) ao longo do período em que a água percola lentamente pelos poros do subsolo ou das rochas ocorrem diversos processos físico-químicos que alteram as características iniciais da água em questão. O maior ou menor teor de salinização vai depender do tempo em que essa água esteve em contato com determinado tipo de mineral.

As águas subterrâneas apresentam-se de forma limpa e incolor quase sempre livre de qualquer contaminação física ou biológica, livre de matéria em suspensão ou bactérias, aspectos relacionados com o fato de ocorrer uma filtração e purificação natural devido ao processo de percolação. Além disso, elas apresentam uma temperatura relativamente constante. Tais características as tornam mais vantajosas se comparadas às águas superficiais, que se apresentam de forma turbida e com certa quantidade de bactérias, garantindo assim uma boa qualidade e, quase sempre, sendo desnecessário um tratamento mais rigoroso para o seu uso (OLIVEIRA, 2012).

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2009), a indústria da construção civil é um dos grandes consumidores de água potável do mundo, em alguns casos chegando a ser responsável por 50% do consumo de água potável fornecido a áreas urbanizadas. A utilização de novas tecnologias que tenham como propósito o uso racional da água potável e o aproveitamento de fontes alternativas de água não potável em locais adequados, devem ser priorizadas, tendo em vista que a adoção dessas medidas garante uma redução de 30% a 40% do uso da água potável na construção civil.

No entanto, uma parte da água consumida em canteiros de obra necessita ser potável, visto que se trata de consumo humano, como em bebedouros, vestiários e refeitórios. Já para outras atividades, como amassamento de concreto e argamassas, a água não necessariamente precisa ser potável, mas exige que alguns critérios sejam avaliados, para evitar reações químicas que possam prejudicar o desempenho de resistência e durabilidade dos elementos resultantes da composição. Outros processos podem ser executados com água sem caracterização específica, como: lavagem de equipamentos e compactação de aterros.

O estudo de caso

Para avaliação técnica da usabilidade da água oriunda do sistema de drenagem subterrânea, foi coletada uma amostra na caixa de reunião do sistema e enviada para análise em laboratório. A análise consistiu em comparar os resultados obtidos no ensaio da amostra com os requisitos da ABNT NBR 15900, que caracterizam a água para uso em amassamento de concreto. A Tabela 1 mostra o comparativo realizado.

Tabela 1. Comparativo entre parâmetros de norma técnica e análise de amostras em laboratório.
Fonte: Autor do Trabalho.

Descrição dos requisitos da ABNT NBR 15900	Parâmetro requerido em norma (mg/l)	Teor encontrado em análise (mg/l)	Situação
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis	Sem traços visíveis	Aprovado
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos	Sem constatação de espuma	Aprovado
Cor	Amarelo claro a incolor	Incolor	Aprovado
Material sólido	≤ 50.000	840	Aprovado
Odor	Inodoro	Inodoro	Aprovado
Ácidos	pH ≥ 5	6,7	Aprovado
Matéria orgânica	Cor mais clara ou igual à solução padrão	-	Não avaliado
Cloretos (concreto protendido)	≤ 500	80,5	Aprovado

Sulfatos	≤ 2.000	120,1	Aprovado
Álcalis	≤ 1.500	85,2	Aprovado
Açúcares	≤ 100	-	Não avaliado
Fosfatos (P ₂ O ₅)	≤ 100	-	Não avaliado
Nitratos (NO ₃)	≤ 500	10,5	Aprovado
Chumbo (Pb ²⁺)	≤ 100	-	Não avaliado
Zinco (Zn ²⁺)	≤ 100	-	Não avaliado

Como o resultado dos ensaios com a amostra de água coletada no sistema de drenagem foi incompleto, pois os parâmetros de análise relacionados a matéria orgânica, açúcares, fosfatos, chumbo e zinco não puderam ser avaliados, a norma ABNT NBR 15900-1 recomenda que sejam realizados ensaios relacionados ao tempo de início e final de pega, conforme ABNT NBR 16607 – Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega, e ensaios de resistência à compressão, conforme ABNT NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, com pasta de cimento e água. Para que atenda a este critério, a amostra de água ensaiada não pode diferir em mais de 25% nos tempos de início e fim de pega de uma amostra de água destilada.

As amostras diferiram em 12,50% do tempo de início de pega (água destilada com tempo de início de pega 02 horas e água analisada com tempo de início de pega de 02 horas e 15 minutos) e 3,82% do tempo de fim de pega (água destilada com tempo final de pega 05 horas e 14 minutos e água analisada com tempo final de pega de 05 horas e 26 minutos).

Já em relação a resistência à compressão dos corpos de prova de concreto, que segundo a ABNT NBR 15900-1 os resultados do ensaio de compressão dos corpos de prova moldados com a água analisada não podem ficar abaixo de 90% da resistência a compressão dos corpos de prova moldados com a água destilada. O resultado obtido para a resistência à compressão do corpo de prova moldado com água do sistema de drenagem foi de 32,2 MPa o que resulta em um valor maior do que 90% da resistência do corpo de prova moldado com água destilada, que foi de 30,6 Mpa. Logo a partir desses resultados pôde-se concluir que, em termos técnicos, a água estudada neste trabalho, pode ser utilizada no amassamento de concreto de peças estruturais do empreendimento e, conseqüentemente, para outras atividades realizadas no canteiro de obras, que não exigem parâmetros específicos.

Dados levantados por esta pesquisa em diversas construtoras, mostram que o consumo mensal de água para as atividades de um canteiro de obras desse porte é de cerca de 200 m³. O período de execução da obra é estimado em 36 meses. O que significa dizer que os serviços de obra devem consumir cerca de 7.200 m³ ao longo dos 36 meses.

O valor total, em reais, gasto com a água para os serviços do canteiro foi calculado segundo a tabela de preços de clientes industriais (categoria da obra estudada) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). A Tabela 2 mostra o cálculo do valor do consumo mensal e o valor do gasto total de acordo com o cronograma de execução. É importante destacar que o cálculo do volume de esgoto, que também compõe a fatura mensal, é realizado considerando 89% do volume de água consumida, dado esse informado pela CAGECE.

Tabela 2. Cálculo da fatura mensal e do valor total gasto com água no canteiro de obras.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Categoria cliente	Faixa de demanda (m ³)	Tarifa água (R\$/m ³)	Tarifa esgoto (R\$/m ³)	Volume médio mensal: água (m ³)	Volume médio mensal: esgoto (m ³)	Valor médio mensal: água (R\$)	Valor médio mensal: esgoto (R\$)
Industrial	0 a 15	8,93	9,84	15	12	133,95	118,08
	15 a 50	10,59	11,63	35	28	370,65	325,64
	> 50	16,46	18,10	150	120	1.975,20	2.172,00
Total da fatura mensal (R\$)						5.095,52	
Duração da obra						36 meses	

Valor total estimado gasto com água tratada no canteiro (R\$)	183.438,72
---	------------

Assim, o gasto utilizando água proveniente da concessionária pública para a execução do empreendimento em questão é de R\$ 183.438,72. Este valor é o que está sendo economizado com a implantação do sistema de aproveitamento de água da drenagem subterrânea. Isso significa uma economia de 0,17% sobre o valor total orçado da obra que é de R\$ 105.937.508,00, dados esses fornecidos pela construtora. Além, é claro, da contribuição social e ambiental, visto que não está sendo utilizada água tratada para atividades de obra.

CONCLUSÕES

Segundo os resultados demonstrados, constatou-se que a viabilidade técnica da utilização da água, nas atividades executadas em obra, como: amassamento de concreto e argamassas, atendem aos requisitos estabelecidos pela Norma. E, complementarmente, a reutilização de águas para diversas outras finalidades, como restou evidenciado.

A análise econômica baseou-se na quantificação do sacrifício econômico-financeiro do reuso da água utilizada primariamente, considerando os valores, eventualmente, a serem pagos sem os procedimentos de reutilização vistos, neste ensaio. Ao se contabilizar a reutilização, pela obra, a utilização de tais procedimentos ensejará no reuso deste insumo para outros fins no pós-obra, quais sejam, irrigação, lavagem de pátios e sacadas, dentre outros.

Assim sendo, as atividades de reuso de águas implicará diretamente em economia financeira do custo direto da obra, além da preservação do recurso natural, portanto, sustentabilidade do Meio Ambiente.

Vale ressaltar que, para esta obra, o custo proveniente da instalação do sistema que transporta a água do poço de drenagem até as caixas de armazenamento para utilização da água no canteiro não foi considerado, pois foi realizada apenas uma adequação de tubos e conexões, com valores irrisórios se comparados a economia gerada, de dois sistemas hidráulicos independentes e já orçados em outros serviços que vinham sendo executados antes da implantação do sistema. Já em termos de sustentabilidade, verifica-se um total de aproximadamente 7.200 m³ de água que estão deixando de ser consumidos do sistema público de distribuição de água e coleta de esgoto, em atividades menos nobres do que o consumo humano. Essa quantidade seria suficiente, por exemplo, para abastecer cerca de 20 casas populares no mesmo período, segundo dados da Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Ceará (CAGECE).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional das Águas (ANA). **Quantidade de água**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 02 mai. 2019.
2. Alonso, U.R. **Rebaixamento temporário de aquíferos**. São Paulo: GEOFIX/TECNOGEO, 1999.
3. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). **Educação**. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 08 mai. 2019.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15900-1: Água para amassamento de concreto Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 16607 – Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
7. Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). **Resolução N° 012/16/DPR: estrutura tarifária de água e esgoto, no estado do Ceará à exceção de Itapipoca**. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/wp-content/uploads/PDF/HistoricoTarifas/2016-Resolu%C3%A7%C3%A3o-012-16-Revis%C3%A3o-Extraordin%C3%A1ria-Cear%C3%A1.pdf>>. Acesso em: 28 de mai. 2019.
8. Caputo, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. vol. 2. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
9. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Norma DNIT 015/2006 – ES: drenagem, drenos subterrâneos e especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2006.
10. Lopes, M. T. **Construção de poços para água: manual técnico**. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.
11. Oliveira, C. P. **Águas subterrâneas: fontes legais e seguras de abastecimento**. Caderno Técnico da associação Brasileira Águas Subterrâneas, n° 5, 2012.
12. Pomerol, C. et al. **Princípios de geologia: técnicas, modelos e teoria**. 14 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
13. Rebouças, A. C.; Braga, B; Tundisi J. G. **Água doces no Brasil**. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.