



Tratamento E Descarte De Fluido De Escavação Em Parede Diafragma De Contenção – Estudo De Caso

Jhonatan Eduardo Dutra Garcia
Engenheiro Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
jhonatan.garcia@geofix.com.br

Dayse de Paiva
Estagiária de Engenharia civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
dayse.paiva@geofix.com.br

Marcio Abreu de Freitas
Engenheiro Civil Geotécnico, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
marcio.freitas@geofix.com.br

Denis Gonzaga Bayona
Engenheiro Coordenador do Setor Lama, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
denis.bayona@geofix.com.br

RESUMO: As obras de contenção de solos se tornaram essenciais em um contexto de verticalização e aproveitamento de espaços nas grandes metrópoles. Existem diversos tipos de contenções de solos, sendo a parede diafragma um dos diversos tipos. O processo executivo da parede diafragma requer o uso de fluidos estabilizantes para escavação dos painéis, sendo a lama bentonítica o mais versátil. A lama bentonítica é uma mistura de água com argila bentonita (família das montmorilonitas) encontrada e extraída de depósitos naturais. Em virtude da sua característica tixotrópica, possui efeito impermeabilizante. Desse modo, para realizar o descarte desse fluido após a sua utilização em obras, foi desenvolvido um procedimento chamado Floculação, separando-o novamente em argila e água, a argila retorna para a natureza através de descarte em aterros classe II-B e a água resultante deve ser tratada antes do seu descarte na rede de águas pluviais, conforme resolução 430/2011 do CONAMA. O artigo apresentará o caso de uma obra com certificação LEED, realizada na cidade de São Paulo/SP, na qual a contenção utilizada foi parede diafragma. Na obra em questão foi desenvolvida, aplicada, testada via ensaios laboratoriais e comprovada a eficácia do tratamento da água em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Parede diafragma; Contenção; Lama bentonítica; Floculação; Tratamento de efluente

ABSTRACT: Soil containment works have become essential in a context of verticalization and use of spaces in large cities. There are several types of soil containment, with the diaphragm wall being one of the different types. In the executive process of the diaphragm wall, it is necessary to use stabilizing fluids to excavate the panels, with bentonite mud being the most versatile. Bentonite mud is a mixture of water and bentonite clay (montmorillonite family) found and extracted from natural deposits. Due to its thixotropic characteristic, it has a waterproofing effect. Therefore, to dispose of this fluid after its use in works, a procedure called flocculation was developed, separating it again into clay and water, in this process the clay returns to nature through disposal in class II-B landfills after mixing with dry soil from the work. The water resulting from

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



this procedure must be treated so that it can be disposed of in the rainwater network, according to CONAMA resolution 430/2011. The article will present a case of work with LEED certification, carried out in the city of São Paulo-SP, in which the containment used was a diaphragm wall. In the work in question, it was developed, applied, tested via laboratory tests, and the effectiveness of the treatment of the water in question was proven.

KEYWORDS: Diaphragm wall; Containment; bentonite mud; Flocculation; effluent treatment

1. Introdução

As exigências ambientais no ramo da construção civil estão cada vez maiores, principalmente no que diz respeito ao descarte de resíduos, sendo este um dos pontos mais importantes para tornar a obra mais sustentável. O desenvolvimento de métodos que diminuam o impacto que o descarte de materiais pode gerar está cada vez mais recorrente, a fim de não prejudicar o meio destinado a essa prática. Assim como, o descarte da lama bentonítica que, por possuir uma densidade com rápida sedimentação, ocasiona a impermeabilização do solo, caso o descarte seja feito de forma incorreta.

Até mesmo em serviços de escavação, o cuidado e o controle do descarte devem ser rigorosamente vigiados, como é o caso da execução de paredes diafragmas e estacas escavadas. Nessa etapa, a preocupação do descarte correto não será apenas em relação ao solo, visto que a lama bentonítica utilizada nesse procedimento também é considerada um resíduo. Desse modo, para que não haja danos ao meio ambiente, a lama bentonítica deverá passar por um processo de floculação antes do descarte, sendo esse um método de tratamento que separa a bentonita da água para, posteriormente, ser descartada em bota-fora misturada com solo. Toda via, a água utilizada nesse processo também tem de passar por um tratamento e remoção de resíduos antes de ser descartada em rede pluvial ou ser utilizada para outros fins.

De modo a facilitar a compreensão do estudo que se desenvolve no presente trabalho, será apresentado um caso de obra realizada na cidade de São Paulo-SP, o qual aplicou-se o método de tratamento da água utilizada durante o processo de escavação da parede diafragma empregada no serviço de contenção.

1.1 Parede diafragma moldada “in loco”

As paredes diafragma são basicamente valas modulares escavadas sucessivamente por uma ferramenta mecânica que durante a escavação tem seu espaço preenchido por um fluido estabilizante. Posteriormente ao término de escavação, a vala é preenchida por concreto armado de maneira que forme uma parede (RANZINE; NEGRO Jr, 1998).

Para que haja estabilidade do solo durante o processo de escavação da parede diafragma, faz-se necessário o uso de fluido estabilizante, o qual é responsável pelo suporte, através de empuxo ativo, e suspensão de detritos da desagregação do terreno ao longo de todo o processo.

A lama bentonítica é o tipo de fluido estabilizante mais utilizado na construção e, principalmente, na escavação de paredes diafragmas devido a sua capacidade de conter o fundo e as paredes da escavação por meio da pressão hidrostática, impedindo assim o desbarrancamento da escavação. Além disso, tem como função dar lugar ao concreto facilmente durante o processo de concretagem; manter resíduos da escavação em suspensão, evitando a deposição no fundo da escavação ou nas tubulações (apenas no caso da lama Bentonítica) e ser facilmente bombeável (SAES, 1998).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



1.2 Argila – Bentonita

Encontrada em depósitos naturais, as bentonitas são argilo-minerais que possuem granulometria ultra-fina e são formadas, em sua maioria, pela alteração química de cinzas vulcânicas. No Brasil, as principais jazidas de bentonita em operação estão localizadas no município de Boa Vista, Estado da Paraíba. Por pertencerem a família das montmorilonitas, caracterizam-se pela alta capacidade de inchamento, sendo essa a propriedade responsável que evita o desmoronamento do solo durante a etapa de escavação.

A lama bentonítica é uma mistura de bentonita com água pura, obtida através de misturadores de alta turbulência. Em decorrência dessa combinação, ocorrem as reações de hidratação e expansão das partículas de bentonitas, formando assim uma suspensão coloidal, responsável pelo efeito estabilizante da lama.

A técnica de escavação com lama bentonítica é baseada nas duas principais características que esse argilo-mineral apresenta quando misturado em água: Tixotropia e Formação do Cake. A Tixotropia que é a capacidade de sofrer transformação isotérmica e reversível de sua viscosidade, ou seja, comportar-se como fluido quando agitada e como gel quando deixada em repouso.

Já a formação do “Cake” é uma característica que somente as argilas montmorilonitas possuem. Trata-se da formação de uma fina camada junto à parede da escavação que “impermeabiliza” a superfície, permitindo que se aplique uma pressão de dentro para fora da escavação que a mantém estável (MAFFEI, 1998).

2. Reciclagem da lama bentonítica

Para que seja reutilizada nas obras de fundações, a lama bentonítica precisa passar por um processo de reciclagem, o qual retira, com a maior eficiência possível, a areia presente na lama bentonítica. Desse modo, esse método permite somente a remoção da areia e de outros resíduos sólidos existentes, não alterando as propriedades físico-químicas da bentonita.

Para tanto, foi desenvolvido um processo de reciclagem, o qual garante a diminuição do consumo final da lama utilizada, bem como a redução da quantidade de água e do material a descartar. Esse procedimento consiste em separar a lama (água + argila bentonita) dos materiais (areia, silte) que se incorporaram à mesma na etapa de escavação, assim como os demais componentes durante a concretagem da estaca, mantendo a qualidade final do concreto.

2.1 Processo de reciclagem

O processo inicia-se no reciclador (figura 1), cuja função é de agitar a lama - misturada com areia, argila, silte etc. -, sobre as peneiras vibratórias, as quais retiram os sólidos de maior volume. Em seguida, a lama é bombeada até o ciclone (de circulação forçada) que separa os materiais de diferentes densidades, até que a lama encontre-se “limpa”. Finalizado esse processo, a lama retorna aos silos de armazenamento para posterior utilização em obra, enquanto o material resultante da reciclagem (solo) é descartado junto com o material oriundo da escavação.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Figura 1 – Vista do Reciclador

3. Descarte ambientalmente correto da lama bentonítica

Após um certo período de reuso, a lama bentonítica não se mantém dentro dos limites fixados pela ABNT NBR 6122/2019, vide tabela 1. Isso acontece devido a incorporação, na lama, de partículas de outras argilas presentes no solo, aumentando assim sua densidade. Sendo assim, essa mistura não poderá ser descartada em qualquer aterro e, embora seja um material inerte, a lama é “impermeabilizante”, portanto, não atende à Classe IIB da ABNT NBR 10004.

Tabela 1 – Propriedades da lama bentonítica – ABNT NBR 6122/2019

PROPRIEDADES	VALORES	EQUIPAMENTOS
Densidade	1,025g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30s a 90s	Funil de marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
Teor de areia	≤3%	Baroid sand ou similar

O descarte desse material deve ser feito seguindo os critérios estabelecidos na ABNT NBR 10004 e na resolução CONAMA 430/2011. Para isso, é utilizado um floculador, onde é misturado o material floculante à lama bentonítica para fazer a separação da mesma e, posteriormente, o descarte correto.

Após essa etapa, é necessário tratar a água resultante da floculação. Feito o tratamento, a água poderá ser destinada a redes de águas pluviais ou considerada como de reuso, sendo utilizada na obra para lavagem de materiais, equipamentos, irrigação de áreas verdes entre outros usos devidos. Quanto ao material sólido resultante, este será descartado em caminhões basculante com o material escavado durante a execução da obra, podendo ser lançado em aterros normalmente.

3.1 Descarte de material inerte IIB

Para a classificação e caracterização dos resíduos sólidos existentes, a ABNT NBR 10004 dispõe da especificação desses materiais quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Para efeito dessa norma, os resíduos são classificados em: a) resíduos classe I – perigosos; b) resíduos classe II – não perigosos, subdivididos em resíduos classe II A – não inertes e resíduos classe II B – inertes.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Dentre as classes relatadas acima, a lama bentonítica é considerada como um resíduo inerte classe II B, pois se mostra indiferente ao contato com a água destilada ou deionizada, ou seja, não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas, uma vez que seus componentes não são solubilizados na água - características essas que somente materiais inertes IIB apresentam.

Embora possuam propriedades estáveis e, assim como qualquer outro material destinado ao descarte, os resíduos inertes da classe IIB devem ser descartados de forma correta, a fim de evitar e diminuir os impactos que podem trazer ao meio ambiente. O tratamento adequado para resíduos Classe II B é realizado de acordo com o tipo do material, isto é, para cada tipo há um tratamento específico, bem como: descontaminação, recuperação, reciclagem, incineração, coprocessamento, entre outros.

3.2 Descarte de efluente tratado conforme CONAMA 430/2011

Para um descarte regular e que não cause danos ao meio ambiente, a Resolução CONAMA 430/2011 estabelece condições e diretrizes para o lançamento de efluentes, independentemente de sua fonte poluidora. Para tanto, a resolução descreve como efluente o termo utilizado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos. Estes, somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento, obedecendo as condições, padrões e exigências dispostos na Resolução.

Entretanto, caso haja desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final do seu enquadramento, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor, ou seja, o material não poderá ser lançado no corpo hídrico superficial destinado para o recebimento.

Ademais, dentre os padrões exigidos pela Resolução, destacam-se as condições de lançamento de efluentes, citadas no Art. 16, as quais presumem o índice de PH dos efluentes entre 5 e 9 e a temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura. Além disso, poderá ser encontrado até 1mL/L de materiais sedimentáveis em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes, sendo o regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente.

4. Caso de obra – tratamento e descarte do fluido estabilizante utilizado na execução de parede diafragma moldada "in loco" para contenção

Com o objetivo de conter os esforços e tensões oriundas do solo durante a etapa de escavação, foram executados, aproximadamente, 1.001,78 m³ de painéis de parede diafragma atirantada "moldada in loco" com espessura de 40 cm, por todo o perímetro útil do terreno, para a contenção da execução de 5 (cinco) subsolos de um edifício comercial, localizado na zona sul da cidade de São Paulo.

Para efeito de estudos, foi utilizada a sondagem S4, figura 3, a qual apresenta, em sua primeira camada, um aterro de areia fina pouco argilosa, fofa e cinza, com profundidade cerca de 90 (noventa) centímetros da superfície. A camada seguinte, apresenta profundidade de, aproximadamente, 5 (cinco) metros da camada anterior, sendo caracterizada por um solo de areia fina argilosa, fofa a medianamente compacta e cinza. Logo em seguida, encontra-se um solo, cuja profundidade atinge a cota de 13,52 metros do nível do terreno, constituído por silte arenoso argiloso, micáceo medianamente compacto a muito compacto, cinza e amarelo (solo residual).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



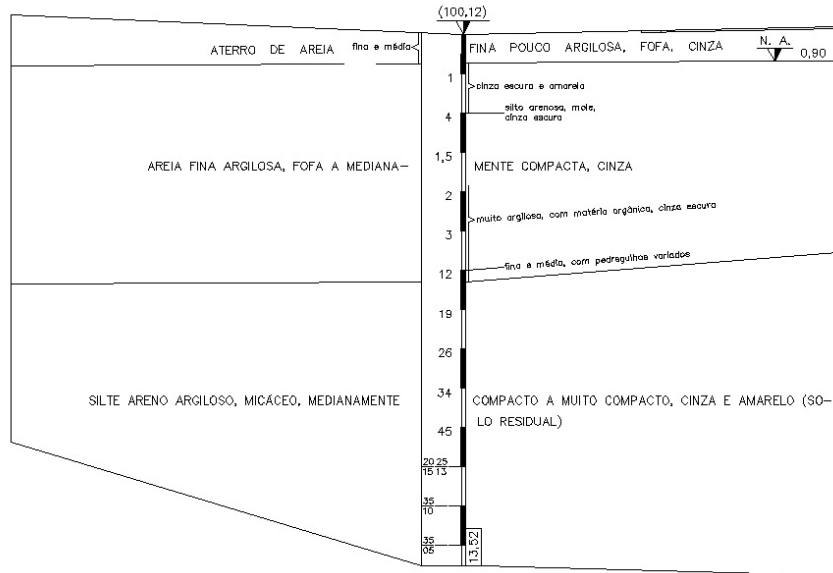


Figura 2 - Sondagem S4

Para o processo de estabilização do solo durante a escavação dos painéis da parede diafragma, foi utilizada a lama bentonítica como fluido estabilizante. Desse modo, com o objetivo de adequar-se as condições dispostas na Resolução CONAMA 430/2011 e executar o descarte de forma correta do fluido de escavação, foi aplicado o método de floculação para o tratamento da água utilizada durante todo o processo.

Sendo assim, foi utilizado o floculador com o objetivo de aglomerar a argila bentonita e separá-la da água, direcionando-a para o tratamento adequado antes do descarte. Com o auxílio do floculador para agitar as partículas, foi adicionado o material floculante a fim de agregar as partículas de argila, formando flocos mais densos que a água e, portanto, decantam para o fundo do reservatório. A figura 3 a seguir mostra o motor-redutor que gira a haste central e, conseqüente, as palas, dando início ao processo de Floculação. Após etapa de agitação, o material foi destinado para o processo de decantação, conforme figura 4.



Figura 3 - Processo de mistura na etapa de floculação



Figura 4 - Argila Bentonita após decantação

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Ao final, o material sólido resultante desse processo foi retirado do floculador e descartado em aterro após a realização de mistura com solo proveniente da escavação.

Por outro lado, a água residual do processo de floculação foi direcionada para o coagulador passando por filtragem inicial (filtro de brita) e, após adição de coagulante na água residual da floculação em repouso, foi feita a mistura desses componentes através do processo de agitação até a formação de flocos (figura 5).



Figura 5 - Amostra de efluente após coagulação

Finalizado o tratamento no coagulador, a água residual foi destinada ao filtro de areia tratada (figura 6), responsável por reter pequenos flocos formados por suspensões coloidais durante o tratamento da água. A filtragem é feita de forma inversa, ocorrendo dentro do filtro de baixo para cima, exigindo maior pressão para vencer a carga de areia.



Figura 6 - Filtragem em filtro pressurizado de areia tratada

Após a passagem da água residual pelo filtro pressurizado, o processo foi dado como finalizado, o qual foi possível obter uma água própria para reuso, conforme classificação CONAMA 430/2011.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



5. Resultados analíticos

Visando verificar a efetividade do processo desenvolvido foram coletadas 2 amostras, a primeira corresponde à lama bentonítica após utilização em obra e antes da entrada no processo de floculação. Já a segunda foi obtida após as etapas de floculação e tratamento do efluente residual. As amostras foram comparadas com os valores dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA 430/2011 em seu artigo 16. A tabela abaixo mostra os valores obtidos nas duas amostragens, bem como os padrões exigidos pela resolução.

Tabela 2 – Resultados analíticos das amostras

PARÂMETRO	CONAMA 430 - Art.16	RESULTADO ANALÍTICO 1 (Amostra de lama benonítica)	RESULTADO ANALÍTICO 2 (Amostra de efluente tratado)
Fluoreto	10 mg/L	0,897 mg/L	1,014 mg/L
Sólidos Sedimentáveis	1 mL/L	850 mL/L	0,2 mL/L
Óleos Minerais	20 mg/L	< 5,0 mg/L	< 5,0 mg/L
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	50 mg/L	< 5,0 mg/L	< 5,0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	---	54,0 mg/L	< 2,0 mg/L
Cianeto Total	1 mg/L	< 0,02 mg/L	< 0,02 mg/L
Cianeto Livre	0,2 mg/L	< 0,02 mg/L	< 0,02 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	20 mg/L	< 5,0 mg/L	< 5,0 mg/L
Sulfeto	1 mg/L	< 0,05 mg/L	< 0,05 mg/L
Fenóis Totais (Índice de Fenóis)	0,5 mg/L	< 0,15 mg/L	< 0,15 mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	---	1038,6 mg/L	33,2 mg/L
Arsênio (As)	0,5 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010 mg/L
Bário (Ba)	5 mg/L	1,118 mg/L	0,056 mg/L
Boro (B)	5 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010 mg/L
Cádmio (Cd)	0,2 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,001 mg/L
Chumbo (Pb)	0,5 mg/L	0,067 mg/L	< 0,010 mg/L
Cobre Dissolvido (Cu)	1 mg/L	0,051 mg/L	< 0,009 mg/L
Cromo (Cr)	---	0,233 mg/L	< 0,010 mg/L
Cromo Hexavalente	0,1 mg/L	< 0,05 mg/L	< 0,05 mg/L
Cromo Trivalente	1 mg/L	0,233 mg/L	< 0,010 mg/L
Estanho (Sn)	4 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010 mg/L
Ferro Dissolvido (Fe)	15 mg/L	11,889 mg/L	< 0,010 mg/L
Manganês Dissolvido (Mn)	1 mg/L	2,013 mg/L	< 0,010 mg/L
Mercúrio (Hg)	0,01 mg/L	< 0,00020 mg/L	< 0,00020 mg/L
Níquel (Ni)	2 mg/L	0,075 mg/L	< 0,010 mg/L
Prata (Ag)	0,1 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010 mg/L

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Selênio (Se)	0,3 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010 mg/L
Zinco (Zn)	5 mg/L	0,655 mg/L	< 0,010 mg/L
Benzeno	1,2 mg/L	< 0,0010 mg/L	< 0,0010 mg/L
Clorofórmio	1 mg/L	0,017 mg/L	0,016 mg/L
Dicloroetenos (1,1-Dicloroetano + Cis-1,2-Dicloroetano + Trans-1,2-Dicloroetano)	1 mg/L	< 0,0020 mg/L	< 0,0020 mg/L
Estireno	0,07 mg/L	< 0,0020 mg/L	< 0,0020 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L	< 0,0010 mg/L	< 0,0010 mg/L
Tetracloroeto de Carbono	1 mg/L	< 0,0010 mg/L	< 0,0010 mg/L
Tricloroetano	1 µg/L	< 1,00 µg/L	< 1,00 µg/L
Tolueno	1,2 mg/L	< 0,0010 mg/L	< 0,0010 mg/L
Xilenos Totais	1,6 mg/L	< 0,0020 mg/L	< 0,0020 mg/L
pH	5-9 -	6,5 -	8,15 -
Temperatura da Amostra	40 °C	24,8 °C	24,2 °C
Materiais Flutuantes	Ausente P/A	Ausente -	Ausente -

Dados os parâmetros analisados, é possível notar que após o tratamento houve melhora significativa em diversos parâmetros, os quais se destacam os destacados em vermelho na tabela 2. Foi possível observar diminuição relevante nos valores referente à sólidos sedimentáveis, onde apresentava uma porção de 850 mL/L e, após o tratamento, passou a conter uma fração de 0,2 mL/L, enquadrando-se nos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011.

Além disso, observou-se queda em diversos metais pesados, como chumbo e manganês.

6. Considerações finais

O presente trabalho, no qual pretendeu-se contribuir com a criação de um procedimento operacional para tratamento da lama bentonítica utilizada como fluido estabilizante na execução de paredes diafragma, permite tecer considerações finais e indicar vertentes para o desenvolvimento de temáticas futuras neste âmbito.

Inicialmente, foram apresentados desde conceitos referentes a contenção de solo com parede diafragma até especificações e propriedades da argila bentonita e seu uso como fluido estabilizante em processos de escavação, bem como os parâmetros exigidos para seu descarte adequado. Além disso, foram abordados conceitos e teorias desenvolvidas pelo campo acadêmico-científico a respeito de fluidos de escavação em contenções de solo.

Para uma análise mais detalhada, com dados e resultados práticos, recorreu-se a apresentação de um caso de obra, o qual aplicou-se o método de tratamento de água residual utilizando a floculação e o tratamento do efluente gerado no processo como principal instrumento para o desenvolvimento do estudo em questão.

Tendo em vista os dados analisados e resultados obtidos do tratamento da água residual, através do método de floculação da lama bentonítica é possível dizer que, tendo em vista a diferença das quantidades de substâncias entre a lama bentonítica (amostra 1) e a água residual (amostra 2), o método desenvolvido é eficaz no que diz respeito a proporcionar um descarte da lama bentonítica seguindo as diretrizes da Resolução CONAMA 430/2011, bem como as especificações da ABNT NBR 10004.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Além disso, ao realizar o descarte dos resíduos e efluentes gerados pela utilização da lama bentonítica segundo as normas citadas, reduz-se o impacto ambiental, devolvendo à natureza produtos que não impactarão no funcionamento de ecossistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA. **Manual de execução de fundações e geotecnia – Práticas recomendadas**. 1 ed. São Paulo, Pini, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122 – **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro. 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 - **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro. 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 430, de 13/05/2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc Editora, 1996. 244 p.

MAFFEI, C. E. M.; *et al.* **Análise, projeto e execução de escavações e contenções**. In: HACHICH, Waldemar et al. (Org.). **Fundações: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998. cap. 15, p. 537-581.

MAGALHÃES, M.S. **Dimensionamento de estruturas de contenção atirantadas utilizando os métodos de equilíbrio limite e elementos finitos**. 2015. 189 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=26066@1>. Acesso em: 18 mar. 2018.

RANZINI, S. M. T.; NEGRO Jr, A. **Obras de contenção: Tipos, métodos construtivos, dificuldades executivas**. In: HACHICH, Waldemar et al. (Org.). **Fundações: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998. cap. 13, p. 497-516.

SAES, J. L.; *et al.* **Execução de fundações profundas**. In: HACHICH, Waldemar et al. (Org.). **Fundações: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998. cap. 9, p. 329-408.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

