

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Carla Bonezi Nunes da Mota

**Estudo comparativo do impacto ambiental produzido pelo uso de
lama bentonítica e de polímero em obras de fundações na
construção civil**

**São Paulo
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Carla Bonezi Nunes da Mota

ESTUDO COMPARATIVO DO IMPACTO AMBIENTAL PRODUZIDO PELO USO DE
LAMA BENTONÍTICA E DE POLÍMERO EM OBRAS DE FUNDAÇÕES NA
CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Tecnologia Ambiental.

Data da aprovação ____/____/____

Prof. Dr. José Maria de Camargo Barros
(Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Maria de Camargo Barros (Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. José Antônio Costa Perez (Membro)
Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro

Prof. Dr. Scandar Gasperazzo Ignatius (Membro)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Carla Bonezi Nunes da Mota

ESTUDO COMPARATIVO DO IMPACTO AMBIENTAL PRODUZIDO
PELO USO DE LAMA BENTONÍTICA E DE POLÍMERO EM OBRAS DE
FUNDAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração: Mitigação de Impactos Ambientais

Orientador: Prof. Dr. José Maria de Camargo Barros

São Paulo
Fev./2010

Dedico este trabalho aos meus pais
Adauto e Zilda, pela oportunidade de vida
e pela presença em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tudo que se passa, passou e está por vir.

Aos meus familiares agradeço pelo incentivo, paciência e compreensão em todos os momentos. Em especial aos meus pais, irmã e cunhado pelo amor, carinho que com certeza não teria conseguido chegar até aqui sem vocês na minha vida.

Ao professor José Maria de Camargo Barros, eterna gratidão e admiração pelo professor, orientador, amigo e por credibilidade neste trabalho.

Ao Dr. José Antônio Costa Perez gratidão eterna pela colaboração e confiabilidade.

Ao Professor Georges Calapodopulos (in memorian) da Universidade de Uberaba, pela entrevista concedida e interesse neste trabalho por ter sido estudioso de polímeros justamente pela formação em engenharia química, o agradeço carinhosamente pela atenção e credibilidade.

A Brasfond Fundações Especiais S/A agradeço por todas as informações fornecidas para realização e conclusão do trabalho, através do diretor presidente Dr. Nicola Libano e equipe da empresa, em especial: Romilson Valadão e aos engenheiros Elton Fontes, Marcos Petracco e Yannis Calapodopulos.

Agradeço a empresa GEO – Ground Engineering Operations e seus sócios Jorge Corrêa e Jorge Capitão-Mor pelo fornecimento de informações de suma importância e pela confiabilidade.

A todas as pessoas que, de uma forma direta ou indireta, contribuíram para o enriquecimento deste trabalho e acreditaram nesta conclusão.

RESUMO

Estudo comparativo do impacto ambiental produzido pelo uso de lama bentonítica e de polímero em obras de fundações na construção civil

No Brasil as questões ambientais estão tomando cada vez mais notoriedade e força, e a área da engenharia em especial é uma das mais ativas para a sociedade sustentável. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados de um estudo, na área de fundações, comparando a aplicação de dois fluídos estabilizantes, um de uso bastante tradicional e outro de utilização bem mais recente, em perfurações profundas em obras de estacas escavadas: Lama Bentonítica e Polímeros Sintéticos. Apresenta-se no trabalho um resumo da legislação ambiental brasileira sobre resíduos sólidos e os resultados de alguns laudos, envolvendo aspectos ambientais, produzidos sobre ambas as alternativas. Uma revisão bibliográfica sobre a lama bentonítica e os polímeros é também apresentada, incluindo histórico, metodologia de aplicação e procedimentos de descarte. Apresentam-se a seguir três casos de obra que puderam ser acompanhados pela autora deste trabalho, sendo dois com emprego de polímero, um no Guarujá e outro em Santos, e um terceiro com utilização de lama bentonítica, em Santos. As obras em Santos são de interesse, uma vez que permitem comparar a aplicação dos dois estabilizantes em locais com solos semelhantes. Já a obra no Guarujá foi a obra pioneira com aplicação de polímeros no Brasil. Pôde ser verificado nessas obras que o polímero apresenta uma eficiência técnica similar à da lama bentonítica e que é mesmo vantajoso em relação à lama em diversos aspectos. Assim, constatou-se que a obra com utilização de polímero é mais limpa, o canteiro mais prático e organizado, exigindo menos equipamentos. Além do mais, em termos de custo de aplicação, o polímero mostrou-se mais barato, pois embora seu custo de aquisição por m³ seja bem maior, o seu consumo é muito menor que o da bentonita. A produção diária de estacas com utilização do polímero foi superior à produção diária com emprego da lama bentonítica. A maior vantagem do polímero, entretanto, como discutido no trabalho, está no aspecto ambiental, que envolve o seu reaproveitamento e descarte. O trabalho destaca a necessidade de estudos mais detalhados sobre os polímeros. Entretanto, já é possível concluir que nos próximos anos, a utilização de Polímeros Sintéticos na construção civil será uma realidade e concorrerá

significativamente na diminuição dos impactos ambientais, sobretudo em obras de fundações.

Palavras Chaves: fluídos estabilizantes; comparação, aspectos e condição ambiental.

ABSTRACT

Comparative study of the environmental impact produced by the use of bentonite slurry and polymer in foundation work in civil construction

In Brazil, environmental issues are increasingly taking prominence and strength, and the engineering in particular is one of the most active areas for a sustainable society. The objective of this work is to present the results of a study in the area of foundations, comparing the application of two drilling fluids for piling: Bentonite Slurry and Synthetic Polymers. The first one is traditionally used and the second is of much more recent use. This work presents a summary of the Brazilian environmental legislation on solid waste and the results of some reports, involving environmental issues, produced on both alternatives. A review on the bentonite slurry and the polymer is also presented, including history, methodology, application and disposal procedures. Three study cases that could be followed by the author of this work, two with use of polymer, one in Guarujá and another one in Santos, and a third with the use of bentonite slurry in Santos are presented in this dissertation. Study cases in Santos are of interest, since they allow to compare the application of the drilling fluids in two sites with similar soils. Already the study case in Guarujá was the pioneer work with application of polymers in Brazil. It could be verified that the polymer presents a technical efficiency similar to the bentonite slurry and is even advantageous in relation to the bentonite slurry in several aspects. Thus, it was found that the work involving the use of polymer is cleaner and, the construction site more practical and organized, requiring less equipment. Moreover, in terms of cost of application, the polymer was found to be cheaper, because although their acquisition cost per m³ is much larger, their consumption is much lower than that of bentonite. The daily production of piles with the use of polymer was higher than the daily production with the use of bentonite slurry. The biggest advantage of polymer, however, as discussed in the dissertation, is in the environmental aspects, which involve its recycling and disposal. The dissertation highlights the need for more detailed studies on polymers. However, it is possible to conclude that in the coming years, the use of Synthetic Polymers in construction will be a reality and compete

significantly in the reduction of environmental impacts, especially in works of foundations.

Keywords: Fluid stabilizers, comparison, and aspects of environmental condition.

Lista de Ilustrações

Figura 1	- Esquema de um aterro sanitário	23
Figura 2	- Fases de execução de uma estaca escavada	37
Figura 3	- Fases de execução de uma estaca escavada	38
Figura 4	- Polímero Sintético – grupo aniônico	44
Figura 5	- Hidratação do Polímero Sintético	45
Figura 6	- Quantidade de Polímero Sintético a ser exigido na inversão do sistema	49
Figura 7	- Formação da membrana do sistema da geração 3	50
Figura 8	- Matriz de Polímero Sintético	52
Figura 9	- Membrana de polímero – em evidência: pontos de ligação	53
Figura 10	- Curva típica do hidróxido de sódio	54
Figura 11	- Polímero Sintético e NaOH	55
Figura 12	- Polímero Sintético Hidratado	56
Figura 13	- Gráfico de produção (polímero) – obra: Guarujá-SP	74
Figura 14	- Gráfico de produção (polímero) – obra: Santos-SP	77
Figura 15	- Gráfico de produção (lama bentonítica) – obra: Santos-SP	79
Fotografia 1	- Central típica de polímeros	70
Fotografia 2	- Tanque de mistura	70
Fotografia 3	- Guindaste 38B	71
Fotografia 4	- Guindaste 22B	71
Fotografia 5	- Escavação com auxílio de polímero junto ao furo	72
Fotografia 6	- Equipamento de escavação retirando o material escavado	72
Fotografia 7	- Visão aérea da Obra: Central de polímeros e guindaste 38B em operação	73
Fotografia 8	- Execução de estacas com perfuratriz Mait HR 300	75
Fotografia 9	- Obra de Polímero do Guarujá	81
Fotografia 10	- Obra de Lama Bentonítica	81

Lista de Tabelas

Tabela 1	- Características das bentonitas e limites para as características	27
Tabela 2	- Propriedade, valores e meio de determinação da lama bentonítica	29
Tabela 3	- Índices iniciais e índices finais do polímero na Execução da estaca	73
Tabela 4	- Quantidades de estacas da obra de polímero em Santos-SP	76
Tabela 5	- Quantidades de estacas da obra de lama bentonítica Em Santos-SP	78
Tabela 6	- Volumes e índices de consumo de polímeros sintéticos	80
Tabela 7	- Volume e índice de consumo de lama bentonítica	80
Tabela 8	- Produção diária de estacas	81
Tabela 9	- Custo de aquisição	82
Tabela 10	- Custo de destinação dos resíduos	83

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT.....Associação Brasileira de Normas Técnicas

GEOGround Engineering Operations

IPT.....Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

NBR.....Norma Brasileira

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Lama Bentonítica.....	13
1.1.1 A destinação final da Lama Bentonítica.....	14
1.2 Polímero.....	14
1.2.1 A destinação final do Polímero.....	15
1.3 A necessidade de um estudo comparativo.....	15
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo Geral.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
1.5 Materiais e Métodos.....	16
1.6 Organização do trabalho.....	17
2 LEGISLAÇÃO E O SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE	18
2.1 O Direito Ambiental.....	18
2.2 Avaliação de Impacto Ambiental.....	21
2.3 Legislação aplicável para resíduos sólidos.....	21
2.3.1 Armanejamento do resíduos classe II.....	22
2.3.2 Acondicionamento dos resíduos classe II.....	22
2.3.3 Descarte dos resíduos classe II.....	22
2.3.4 Aterros sanitários para descarte dos resíduos classe II.....	23
2.3.5 Aterros industriais para descarte dos resíduos classe II.....	23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1. Lama Bentonítica.....	25
3.1.1 Histórico de Utilização em Construção Civil.....	25
3.1.2 Principais Propriedades.....	25
3.1.3 Reservas e Produção de Bentonita no Brasil e no Mundo.....	26
3.1.4 Metodologia do uso da lama bentonítica.....	27
3.1.5 Metodologia de Execução das Estacas Escavadas.....	34
3.1.6 Paredes Diafragma moldadas “in loco”.....	39
3.1.7 Descarte do material escavado e da lama inservível.....	40
3.2 Polímero.....	41
3.2.1 Características do polímero Geração G3.....	41
3.2.2 Hidratação e técnicas de mistura.....	43
3.2.3 Interação dos produtos com o solo.....	47
3.2.4 Meio ambiente, tratamento do fluido e descarga.....	57
4 ASPECTOS AMBIENTAIS ENVOLVIDOS NA UTILIZAÇÃO DE LAMA BENTONÍTICA E POLÍMEROS EM OBRAS DE FUNDAÇÕES	60
4.1 Lama Bentonítica.....	60

4.1.1	Ficha de informações.....	60
4.1.2	Laudos da Operator.....	63
4.1.3	Conclusão sobre a utilização.....	63
4.2	Polímero Sintético G3.....	64
4.2.1	Informação para segurança e higiene no trabalho.....	64
4.2.2	Laudos da Operator.....	67
4.2.3	Laudos da CEDEX.....	68
4.2.4	Conclusão sobre a utilização.....	68
5	ESTUDO DE CASOS.....	69
5.1	Obra no Guarujá.....	69
5.2	Obra em Santos com utilização de polímero.....	75
5.3	Obra em Santos com utilização de lama bentonítica.....	77
5.4	Comparação entre as três obras.....	80
6	Conclusões.....	84
	REFERÊNCIAS.....	86
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	88
	ANEXOS.....	90

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a utilização de lama bentonítica e polímeros sintéticos para contenção de furos no subsolo, em obras de fundações na construção civil. São obras em solos de baixa resistência que exigem uma condição mais específica na estabilização dos furos subterrâneos. Por esse motivo, é executada a fundação com esse processo de impermeabilização da parede do furo e de contenção do solo lateral.

As obras mais comuns em que se aplica lama estabilizante como elemento de contenção de suas cavidades são as Estacas Escavadas, Estacas Barretes, Paredes Diafragmas, Shafts Profundos, Poços de Petróleo, Furos Direcionais (HDD) etc.

A crescente restrição ao uso de lamas bentoníticas por órgãos ambientais gerou uma demanda por uma nova tecnologia de estabilização de escavações. A utilização dos polímeros em substituição à bentonita está intimamente associada ao fato de o polímero ser um produto biodegradável, o que facilita a disposição dos materiais provenientes das perfurações. Este estudo evidencia as duas opções e seus prós e contras.

A seguir é apresentada uma descrição básica das principais características da lama bentonítica e do polímero utilizados nesses tipos de obras.

1.1 Lama Bentonítica

A lama bentonítica é a mistura de água com bentonita, nome genérico da argila composta predominantemente de um mineral argílico, montmorilonita (silicato hidratado de alumínio). A argila montmorilonita absorve a água, numa quantidade até 6 a 7 vezes o seu próprio peso, aumentando de 15 a 20 vezes o seu volume. A suspensão coloidal assim formada, com viscosidade superior à da água, possui estabilidade, mantendo-se por longo período de tempo. Além disso, apresenta como propriedade fundamental a “tixotropia”, que é a característica de sofrer transformação isotérmica e reversível de sua viscosidade. Comporta-se como um fluido quando agitada, porém forma um gel quando em repouso. Na utilização em perfurações, junto às paredes forma-se uma película (*cake*) a qual funciona como

uma barreira contra a passagem da água proveniente do lençol freático (Bentonit, 2003 e Brasfond, 2009).

1.1.1 A destinação final da Lama Bentonítica

A lama bentonítica tem uma densidade de 1,025 a 1,10g/cm³ (ABEF, 2004) e sedimenta numa velocidade maior no fundo dos rios, e pelo fato das partículas estarem unidas ionicamente, pode provocar o impedimento da oxigenação.

Segundo a Norma ABNT NBR 10.004, de 2004, a lama bentonítica é um material classificado como Resíduo Classe II B - inertes não perigosos. Quando misturada com solo da escavação, deve ser descartada em aterros sanitários e / ou industriais que recebem o material Classe II.

O *cake* formado pela lama bentonítica provoca a colmatção do solo e pode provocar a extinção de alguns seres da fauna e flora causando um impacto no caso do descarte de lançamento de uma grande quantidade numa única região. Por essa razão a lama inservível ou que não será reutilizada precisa de descarte em aterro industrial que aceita esse tipo de material.

1.2 Polímero

O polímero, atualmente, é uma opção de utilização em obras do porte descrito neste trabalho. O Polímero Sintético é uma longa molécula formada pela adição da simples repetição de grupos denominados monômeros. Eles se unem pelas extremidades de forma similar às ligações dos elos de uma corrente.

Quando a água entra em contato com o polímero, suas moléculas são presas pelas longas cadeias do polímero fazendo com que sua estrutura inche caracterizando maior viscosidade ao material.

Atualmente no mercado mundial existem vários tipos de polímeros disponíveis e para que se tenha uma boa eficiência na estabilização de escavações podem ser utilizados dois ou mais elementos na mistura com a água.

O polímero é adicionado a uma razão de 1 quilograma por m³ de água, depois é agitado por 15 minutos para homogeneização e após esse procedimento está pronto para utilização (GEO, 2007).

1.2.1 A destinação final do Polímero

Os polímeros são materiais classificados como Resíduo Classe II B - inertes não perigosos e quando misturados com solo da escavação, devem ser descartados em aterros sanitários e ou industriais que recebem o material Classe II.

O tratamento para destinação final do polímero que sobra nos tanques de armazenamento, é a utilização de Hipoclorito de Cálcio para a destruição da cadeia molecular do polímero e Ácido Clorídrico e ou Hidróxido de Sódio que têm a função de neutralizar os valores alcalinos do pH, convertendo o fluido em água residual. Após o tratamento pode ser descartado sem causar danos ambientais. A sua descrição detalhada está no capítulo 3 - Revisão Bibliográfica.

1.3 A necessidade de um estudo comparativo

A eficiência da utilização da lama bentonítica é evidente, devido a sua longa utilização em obras de engenharia. Entretanto, ao se comparar os dois produtos, deve-se levar em consideração o aspecto de segurança ambiental, lembrando que o polímero é biodegradável, sendo, portanto um não agressor ao meio ambiente.

Justifica-se assim este trabalho que pretende apresentar um estudo comparativo das alternativas, inclusive um estudo de caso, visando a questão ambiental, seguida de uma viabilidade técnico-econômica para a execução de obras de fundações na indústria da construção civil.

1.4 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram divididos em geral e específicos.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é discutir de forma comparativa a utilização de lama bentonítica e polímeros em contenção de obras de fundações especiais, os aspectos ambientais envolvidos e propostas para mitigá-los.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os principais objetivos específicos são os seguintes:

- a) Levantamento de dados, incluindo aspectos ambientais, sobre o emprego de lama bentonítica e de polímeros em obras com fundações especiais, com base em revisão bibliográfica.
- b) Apresentação de estudo comparativo da utilização de lama bentonítica e de polímeros, justificando as vantagens e desvantagens de cada um deles.
- c) Observação de cada substância e suas composições físico-químicas.
- d) Estudo comparativo entre as duas composições.
- e) Conclusão da melhor solução ambiental, técnica e econômica.

1.5 Materiais e Métodos

O método utilizado na pesquisa é o empírico, por meio da análise dos aspectos e impactos causados pela lama bentonítica e dos polímeros no solo.

O método indutivo faz parte da análise em questão, do objeto deste trabalho na fase conclusiva, onde por meio de uma experiência procurou-se chegar a uma solução melhor para o futuro em obras desta natureza.

Os procedimentos metodológicos a serem adotados serão os seguintes:

- a) Levantamento bibliográfico;
- b) Levantamento das composições físico-químicas da lama bentonítica e dos polímeros;
- c) Levantamento da legislação ambiental referente ao assunto;
- d) Obtenção de informações toxicológicas: exposição física aos componentes e suas reações;
- e) Obtenção de informações sobre: ecotoxicidade e aspectos e impacto ambientais;
- f) Procedimentos em obras de engenharia de fundações;
- g) Destinação final adequada para a lama bentonítica e para os polímeros;
- h) Informações de custo e das alternativas estudadas e comparativo do custo-benefício; e
- i) Conclusões comparativas gerais.

1.6 Organização do trabalho

Este trabalho foi organizado na seguinte sequência. No Capítulo 2 são discutidos o sistema nacional do meio ambiente e a legislação referente ao tema.

No Capítulo 3 são abordados os aspectos da lama bentonítica e fluidos poliméricos relevantes para esta dissertação. Os aspectos ambientais envolvidos na utilização de ambas as alternativas são apresentados no Capítulo 4.

Finalmente, os estudos de casos e as conclusões finais são apresentados respectivamente nos Capítulos 5 e 6.

2 LEGISLAÇÃO E O SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

2.1 O Direito Ambiental

A poluição até 1981 era considerada, para todos os efeitos, as emissões das indústrias que não estivessem de acordo com os padrões estabelecidos por leis e normas técnicas. Sob o pressuposto de que toda atividade produtiva causava certo impacto ao meio ambiente, eram toleradas as emissões poluentes que atendessem a certos parâmetros.

Esse sistema, que pode ser chamado de ultrapassado, era no seu todo bastante coerente:

- a) zoneamento industrial, para confinar o lixo das empresas mais poluentes em locais próprios para absorver volumes significativos de poluição;
- b) licenciamento às indústrias, para dividi-las geograficamente em compasso com esse zoneamento industrial; e
- c) parâmetros para as emissões poluentes, como capacidade de absorver a metabolizar tais emissões.

No Brasil, somente a partir da década de 1980, é que a legislação tutelar do ambiente passou a se desenvolver com maior ênfase. Por muito tempo, predominou a desproteção total, em parte devido à concepção individualista do direito de propriedade, que sempre constituiu forte barreira à atuação do poder público na proteção ambiental.

Esse estado de coisas começou a mudar, radicalmente, no início da década de 1980, sob o influxo da onda conscientizadora emanada da Conferência de Estocolmo, de 1972. Como que para compensar o tempo perdido, ou talvez por ter a ecologia e/ou o meio ambiente sido temas do momento, passaram a proliferar, em todos os níveis de poder público e da hierarquia normativa, copiosos diplomas legais voltados à proteção do desfalcado patrimônio natural do país.

Os três marcos mais importantes da resposta à proteção ao meio ambiente foram:

- 1) A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Anexo A), que entre outros tantos méritos teve o de trazer para o mundo do direito o conceito de meio ambiente, como objeto específico de proteção em seus múltiplos aspectos; o de propiciar o planejamento de uma ação integrada de

diversos órgãos governamentais segundo uma política nacional para o setor e o de estabelecer, no artigo 14, parágrafo 1º, a obrigação do poluidor de reparar os danos causados, segundo o princípio da responsabilidade objetiva (ou sem culpa) em ação movida pelo Ministério Público,

O Ministério Público procurou aparelhar-se para exercer de modo eficaz a nova atribuição. No Estado de São Paulo, como em outros, foram criadas, em todas as Comarcas, Curadorias de Proteção ao Meio Ambiente.

Não há mais dano ambiental a salvo da respectiva reparação, ou seja, não há mais tolerância na emissão de poluentes. A nova legislação baseia-se na idéia de que mesmo o resíduo poluente, tolerado pelos padrões estabelecidos, poderá causar dano ambiental e, portanto, sujeitar o causador do dano ao pagamento de uma indenização. É o conceito da responsabilidade objetiva, segundo o qual os danos não podem ser partilhados com a comunidade. Em essência, a responsabilidade objetiva é a obrigação de reparar um dano ambiental, não sendo necessário que ele tenha sido produzido em decorrência de um ato ilegal (não atendimento aos limites normativos de tolerância, concentração ou intensidade de poluentes), até porque a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa. É suficiente, que a fonte produtiva tenha produzido o dano, atendendo ou não aos padrões previstos para as emissões poluentes.

A sutil diferença está em que uma empresa pode estar atendendo aos limites máximos de poluição legalmente impostos, e assim mesmo vir a ser responsabilizada pelos danos residuais causados, bastando, apenas, que se prove o nexo de causa e efeito entre a atividade da empresa e um determinado dano ambiental.

- 2) A Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985 (Anexo A), que disciplinou a ação civil pública como instrumento processual específico para a defesa do ambiente e de outros interesses difusos e coletivos, e que possibilitou que a agressão ambiental finalmente viesse a se tornar um caso de Justiça. Através dessa Lei, as associações civis ganharam força para provocar a

atividade jurisdicional e, de mãos dadas com o Ministério Público, puderam em parte frear as inseqüentes agressões ao meio ambiente.

3) A Constituição Federal de 1988 (Anexo A), em que se fez notável progresso na esfera do Meio Ambiente. Na esteira da Constituição Federal vieram as Constituições estaduais, seguidas das leis orgânicas dos municípios, marcadas por intensa preocupação ecológica. O texto constitucional estabeleceu uma série de obrigações às autoridades públicas, incluindo:

- a) a preservação e recuperação das espécies e dos ecossistemas;
- b) a preservação da variedade e integridade do patrimônio genético, e a supervisão das entidades engajadas em pesquisa e manipulação genética;
- c) a educação ambiental em todos os níveis escolares e a orientação pública quanto à necessidade de preservar o meio ambiente;
- d) a definição das áreas territoriais a serem especialmente protegidas; e
- e) a exigência de estudos de impacto ambiental para a instalação de qualquer atividade que possa causar significativa degradação ao equilíbrio ecológico.

Paralelamente ao monitoramento diário das emissões poluentes das indústrias e das fontes produtivas em geral, atuam os órgãos e os instrumentos característicos da legislação em vigor a partir de 1981, ou seja, o IBAMA, as secretarias estaduais de meio ambiente, as agências ambientais nos Estados que as possuem (CETESB, FEEMA, COPAM, IAP, CRA e outras) continuam segregando as fontes produtivas em compasso com o zoneamento industrial, e prosseguem expedindo licenças e controlando as emissões atmosféricas, os efluentes líquidos e os resíduos. Concomitantemente, atua o Ministério Público, instaurando inquéritos civis, promovendo ações civis públicas, provocando a abertura de inquéritos policiais e propondo ações penais.

Um dos mais importantes instrumentos de planejamento ambiental e de intervenção de que é dotado o Direito Ambiental é o chamado “Estudo de Impacto Ambiental”, cuja finalidade é realizar um diagnóstico antecipado das conseqüências ambientais decorrentes de atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente.

2.2 Avaliação de Impacto Ambiental

A Resolução do CONAMA 01, de 1986 (Anexo A), considera impacto ambiental *“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a fauna e a flora; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”*.

Em nível federal, o processo de avaliação de impacto ambiental está definido na Resolução do CONAMA 01/86, sendo realizado através do Estudo de Impacto Ambiental – EIA, que se constitui em um conjunto de atividades técnico-científicas destinadas à identificação, previsão e valoração dos impactos e à análise de alternativas. As conclusões do EIA devem ser apresentadas, de forma objetiva, no Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, que deve ser elaborado por profissionais legalmente habilitados, em linguagem adequada à sua compreensão pelas comunidades afetadas.

Além do EIA/RIMA, outro importante instrumento é o Plano de Controle Ambiental – PCA, que é o projeto executivo do conjunto de atividades técnico-científicas destinadas a minimizar os impactos ambientais que venham a ser gerados por atividades econômicas, elaborado por profissionais legalmente habilitados.

Caberá ao órgão ambiental competente a revisão e análise técnica do EIA/RIMA e PCA, que encaminhará cópias aos órgãos públicos que tiverem relação com o projeto, informando-os e orientando-os quanto ao prazo para manifestação. O RIMA será acessível ao público, permanecendo cópias à disposição dos interessados na biblioteca dos órgãos ambientais e em outros locais a serem definidos para cada caso específico.

2.3 Legislação aplicável para Resíduos Sólidos

A Legislação Brasileira que regulamenta a disposição de resíduos sólidos é embasada pelas Normas ABNT NBR 10004, ABNT NBR 10005, ABNT NBR 10006, ABNT NBR 10007, ABNT NBR 11174 e ABNT NBR 12235.

Segundo as normas, os resíduos sólidos são classificados de acordo com seu grau de periculosidade:

- Classe I (Perigosos): São resíduos que apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente. São caracterizados pelas seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

- Classe IIA (não inertes/ não perigosos): Apresentam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, não se enquadrando como resíduo classe I ou IIB.

- Classe IIB (inertes/ não perigosos): Não possuem nenhum dos seus constituintes (inertes) solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas.

O enfoque deste estudo será no resíduo classe II. Portanto seguem especificações, de acordo com as normas técnicas:

2.3.1 Armazenamento dos resíduos classe II (NBR 11174):

De acordo com a NBR 11174, os resíduos classe II A, deverão ser armazenados de maneira a não possibilitar a alteração de sua classificação e de forma que sejam minimizados quaisquer riscos de danos ambientais. E jamais armazenados junto com resíduos classe I (perigosos), porque a mistura resultante caracterizará como resíduo perigoso.

O local de armazenamento deve ser aprovado pelo Órgão Estadual de Controle Ambiental, atendendo a legislação específica.

2.3.2 Acondicionamento dos Resíduos Classe II (NBR 11174):

O armazenamento dos resíduos classe II pode ser realizado em containeres e/ou tambores, em tanques e a granel.

2.3.3 Descarte dos Resíduos Classe II (NBR 11174):

O destino dos resíduos classe II deve ser documentado, seja ele vendido para reprocessamento, disposição em aterros, incineração, recolocação no próprio sistema de armazenamento, etc.

2.3.4 Aterros sanitários para descarte dos Resíduos Classe II

É o modo mais correto de se depositar estes tipos de resíduo com solo, já que suas células são impermeabilizadas com mantas de PVC e o chorume é drenado e depositado num poço, para tratamento futuro. O gás da decomposição (biogás/metano) é drenado e pode ser queimado ou aproveitado para eletricidade. Por ser coberto por terra diariamente não há proliferação de pragas urbanas.

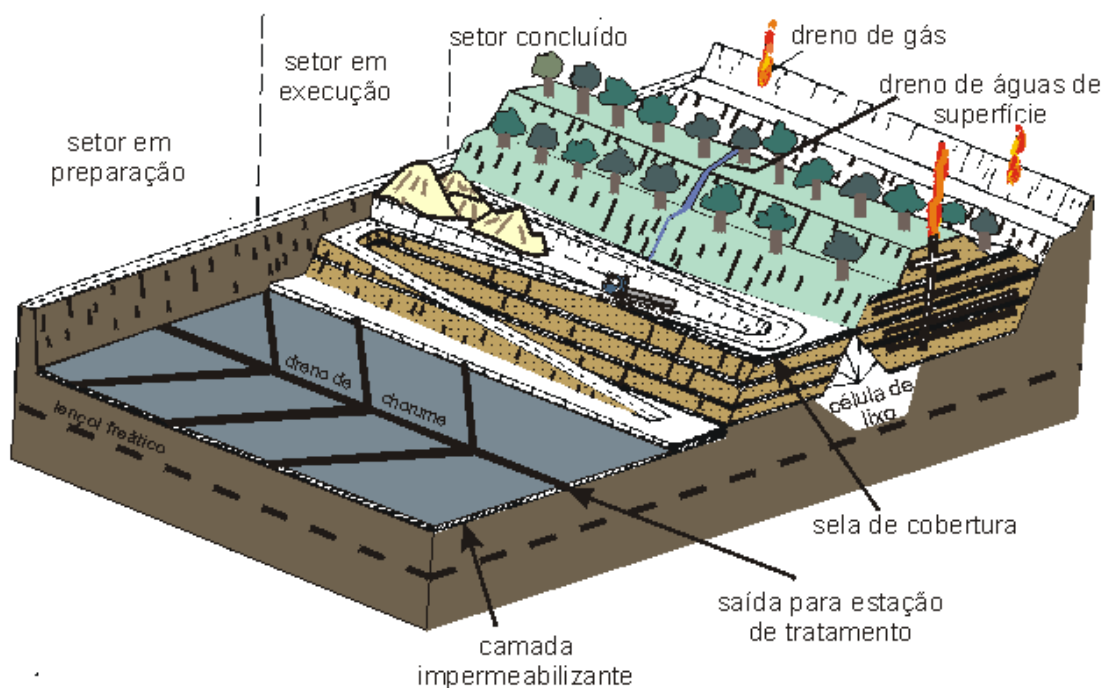


Figura 1 – Esquema de um aterro sanitário
Fonte: UNESP, 2009

2.3.5 Aterros industriais para descarte dos Resíduos Classe I e II

Os aterros industriais destinam-se a receber resíduos sólidos que não sejam reativos, não inflamáveis e com baixa quantidade de solvente, óleo ou água. Utilizam técnicas que permitem a disposição controlada destes resíduos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, e minimizando os impactos ambientais. No caso específico deste estudo, servem para o descarte da lama bentonítica não reutilizada que sobra nos silos no local da obra.

Essas técnicas rigorosas de segurança são nacionais e internacionais, visando garantir proteção total ao meio ambiente. Adotam técnicas de confinamento dos resíduos através de geomembranas, drenagem, tratamento de efluentes, e poços de monitoramento do lençol freático.

Os aterros industriais são classificados nas classes I, IIA ou IIB, conforme a periculosidade dos resíduos a serem dispostos. Os aterros Classe I podem receber resíduos industriais perigosos; os Classe IIA, resíduos não-inertes; e os Classe IIB, somente resíduos inertes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Lama Bentonítica

Para discorrer sobre lama bentonítica, primeiramente precisa-se esclarecer sua origem, que é do mineral bentonita.

A bentonita para muitos geólogos e mineralogistas, é um termo para classificação de um material altamente plástico e coloidal, composto basicamente de argilas do grupo da montmorilonita e também pela alteração das cinzas vulcânicas (relatório IPT nº. 21 428,1983).

3.1.1 Histórico de Utilização em Construção Civil

O uso de lamas nas perfurações, com intenção de melhorar as condições de estabilidade e auxiliar na remoção dos detritos se dá desde a Antiguidade, havendo registro de sua utilização pelos egípcios por volta de 3000 AC e pelos chineses em 1.500 A.C. (Sahade, 1973).

Já a utilização de Lama Bentonítica como fluido de estabilização de perfurações em obras de fundações tem um histórico bem mais recente, que começou efetivamente a ser percorrido em 1901, com indústrias de petróleo.

No início a lama argilosa era utilizada para execução das perfurações de poços petrolíferos, utilizando o processo “rotary” (trépano rotativo com lâminas) e com o passar dos anos as misturas de materiais argilosos com água classificadas como “fluidos” de perfurações superiores começaram definitivamente a ser usadas em obras de fundações. Deduz-se que este “fluido” foi o responsável pela introdução das suspensões argilosas tixotrópicas (Sahade, 1973).

O início da utilização para a construção civil em obras de fundações foi em meados dos anos 40, por volta de 1.948, quando estacas chegavam a ser executadas com diâmetro de 1,00m.

Ainda de acordo com Sahade, no Brasil, o uso de lama bentonítica data de 1967 na obra da Ponte da Avenida Cruzeiro do Sul, sobre o Rio Tamanduateí.

3.1.2 Principais Propriedades

A lama bentonítica tem como principais características (Brasfond, 2009):

- a) Estabilidade por um longo período de tempo, que é uma virtude da bentonita em não decantar suas partículas;
- b) Película impermeável denominada *cake* que é formada rapidamente em superfícies porosas, neste estudo, os solos;
- c) Forma uma suspensão coloidal estável e quimicamente ativa, cuja propriedade fundamental é a “tixotropia” (transformação isotérmica e reversível, torna-se líquida em agitação e gelifica em descanso);

3.1.3 Reservas e Produção de Bentonita no Brasil e no Mundo,

De acordo com Rezende (2009), as reservas oficiais de bentonita no Brasil totalizam aproximadamente 41,5 milhões de toneladas, sendo 0,3% no Estado do Paraná, Município de Quatro Barras; 27,3% no Estado de São Paulo, nos Municípios de Taubaté e Tremembé; e 24,9% no Estado da Paraíba, nos Municípios de Boa Vista e Campina Grande.

No ano de 2007 a produção mundial de bentonita alcançou cerca de 11,7 milhões de toneladas destacando-se as produções dos Estados Unidos (5,1 milhões de t); Grécia (1,1 milhão t); Comunidade dos Estados Independentes - CEI (750 mil t) e Turquia (1 milhão de t). O Brasil, apesar de posicionar-se entre os dez principais produtores mundiais, representou em 2007 modestos 2,0% da produção global atingindo 239 mil toneladas.

Para uso industrial, existem dois tipos de argilas bentoníticas: as que não incham em presença de água, que têm o cálcio como cátion interlamelar predominante, e as que incham em presença de água, nas quais o sódio é o cátion interlamelar predominante. As bentonitas produzidas no Brasil são cálcicas e o país não tem reservas de bentonitas sódicas. Toda bentonita sódica disponível no país ou é importada ou é produzida a partir da bentonita cálcica, em um processo de beneficiamento (ativação), usando carbonato de sódio (Teixeira-Neto, 2009).

Em 2007, a produção estimada de bentonita bruta no Brasil atingiu 329.647t. O estado da Paraíba produziu 88,5% de toda a bentonita bruta brasileira, seguido por São Paulo com 7,3%, Bahia com 3,9%, e Paraná, com apenas 0,2%. Oficialmente, 14 empresas exploram argilas bentoníticas no país. A maior delas é a Bentonit União Nordeste. (Gopinath, 1998)

3.1.4 Metodologia do uso da lama bentonítica

a) Propriedades da bentonita a ser usada:

Busca-se nas bentonitas a propriedade de formar gel coloidal estável e quimicamente ativo, permitindo uma utilização muito diversificada.

Conforme a Norma Brasileira ABNT - NBR 6122,1996 (Projeto e execução de Fundações), os limites para as características da bentonita para serem utilizadas no preparo da lama tixotrópica são os seguintes:

Tabela 1 – Características das bentonitas e limites para as características

<u>Características das bentonitas</u>	<u>Limites para as características</u>
Resíduo em peneira número 200	≤ 1%
Teor de umidade	≤ 15%
Limite de liquidez	≥ 440%
Viscosidade Marsh 1.500/1.000 da suspensão a 6% em água destilada	≥ 40 segundos
Água separada por pressofiltração de 450cm ³ da suspensão a 6% nos primeiros 30 minutos à pressão de 0,7MPa	≤ 18cm ³
Espessura do <i>cake</i> (filtroprensa)	≤ 2mm
pH da água filtrada	7 a 9

Fonte: NBR 6122 (1996)

A bentonita utilizada para estabilização dos furos de estacas deve ser misturada com água porque ela é fornecida pela indústria em pó, e a concentração varia de 3% a 8% em alta turbulência.

b) Propriedades da lama bentonítica

As propriedades da lama bentonítica após mistura dependem da forma com que ela é misturada e o tempo de repouso desta mistura para se obter a máxima hidratação. É necessário um tempo de descanso de até 24 horas.(Bentonit, 2009)

Na execução das estacas escavadas a ação da pressão hidrostática existente no fundo e nas paredes laterais da escavação será diminuída através da formação rápida do *cake*, onde as partículas da bentonita hidratada vão colmatando os vazios através da formação de uma película impermeável, onde o fluxo de água do lençol freático, se neutraliza.

A lama precisa ser deslocada para então ser substituída pelo concreto.

Os resíduos deverão ser mantidos em suspensão, evitando assim a deposição dos mesmos no fundo da escavação, não prejudicando a concretagem em seguida.

O controle da lama deve ser iniciado pela verificação da qualidade da água. Esta deve ser doce e potável, não apresentando substâncias capazes de causar a floculação da bentonita. O pH da água deve ser próximo do neutro.

Para avaliar o desempenho da lama bentonítica, analisa-se as características da lama, densidade, viscosidade, teor de areia contida na lama e pH.

O *cake* formado deve ser impermeável e fino e no seu maior estado de expansão deverá formar uma camada com espessura em torno de 2mm.

Quanto mais elevada a densidade da lama bentonítica, melhor para a escavação, mas mais prejudicial para o deslocamento da lama pelo concreto quando da concretagem. A densidade inicial para escavação é de $1,04\text{g/cm}^3$ e conforme a escavação, a densidade poderá chegar até $1,40\text{g/cm}^3$ devido a incorporação das partículas de solo.

A viscosidade é a propriedade da lama que mais influencia no deslocamento da lama pelo concreto, tendo maior importância que a densidade. A determinação é feita pelo método de ensaio do “funil de Marsh” (evidenciado nos estudos de caso – item 5 deste trabalho). Nesse ensaio, a lama preparada na concentração usual de 4%, deve

ter os seguintes parâmetros (catálogo e site da Brasfond Fundações Especiais S/A):

- Viscosidade de Marsh: 32 a 34 segundos;
- Viscosidade de Marsh da água: 26 segundos.

O controle do teor de areia é de suma importância, uma vez que a presença de areia na lama bentonítica prejudica a formação do *cake* e sua eficiência, o torna espesso, permeável e resistente, provoca o aumento da densidade e da viscosidade Marsh e é prejudicial no deslocamento da lama pelo concreto.

O indicador de contaminação química da lama pelo cálcio do cimento é o pH, que deverá ser maior que 11 (pH>11), é também um indicador da contaminação da lama pela matéria orgânica que normalmente é ácida, que pode causar floculação.

As características da lama bentonítica usada para escavações também foram fixadas pela NBR 6122,1996, conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Propriedade, valores e meio de determinação da lama bentonítica

Propriedade	Valores	Meio de determinação
Peso específico	1,025 a 1,10 g / cm ³	Balança de Lama
Viscosidade	30 a 90 seg.	Funil Marsh
pH	7 a 11	Papel Ph
Teor de areia	3%	Proveta Baroid
Espessura do <i>cake</i>	1 a 2 mm	Filtragem a pressão

Fonte: NBR 6122 (1996)

Outros fatores que são importantes para a eficiência da escavação são as condições do subsolo e o lençol freático.

Em obras em cidades litorâneas, como Santos, deve-se tomar cuidado para que não ocorra a contaminação da lama bentonítica pela água do mar, porque ela pode flocular e perder sua propriedade tixotrópica.

O problema de contaminação pelo lençol freático e pelos solos, pode comprometer a estabilidade da escavação com a utilização da lama

bentonítica, pois altera as características da lama bentonítica. A adição de pequenas quantidades de “barrilha”, na água de preparo da lama ou direto na escavação, na maioria das vezes resolve. A Barrilha, nome comercial do carbonato de cálcio (Na_2CO_3), é uma substância alcalina, de cor branca, em forma de pó (Barrilha Leve) ou grão (Barrilha Densa), sem cheiro. A Barrilha é um produto higroscópico, ou seja, absorve umidade lentamente quando exposta a atmosfera, sendo responsável pela aglomeração do produto. Não é inflamável ou explosiva.

A qualidade de escavação das estacas escavadas está intimamente ligada à qualidade da lama que é a responsável pela estabilidade das escavações. É importante frisar que *cakes* porosos permitem fugas de fluido pelas paredes da escavação, aumentando localmente a pressão neutra nas camadas de solo adjacentes, provocando desmoronamentos que, além de aumentarem o consumo de concreto, criam pontos de descontinuidades que tendem a desviar as ferramentas de escavação podendo comprometer a verticalidade da estaca.

c) Características do concreto

O procedimento para a concretagem submersa é o seguinte: após colocada a armadura, inicia-se a última fase executiva das estacas escavadas, que é a operação de concretagem. É nesta fase que podem ocorrer os defeitos executivos que mais comprometem o desempenho deste tipo de fundação.

O concreto é lançado a partir do fundo da escavação que está totalmente preenchida por lama estabilizante, através dos tubos de concretagem.

Sendo o concreto mais denso que a lama, expulsa a lama, preenchendo totalmente, de baixo para cima, toda a escavação. Durante esta operação, o tubo de concretagem deverá ter sua

extremidade sempre imersa no concreto lançado e deverá ser deslocado para cima gradativamente.

O concreto e a lama bentonítica precisam ter características adequadas para que a operação acima descrita tenha êxito.

A alta trabalhabilidade e fluidez do concreto é de suma importância para ele sair da boca do tubo de concretagem (tremonha) como um fluido grosso e viscoso para cima e para o lado e nesse seu movimento deslocar a lama bentonítica, sem com ela se misturar e por uma ação de “raspagem” removê-la da superfície da escavação (e da ferragem), criando um contato direto entre concreto e solo.

Quanto menor a densidade e a viscosidade da lama bentonítica, mais fácil será o seu deslocamento pelo concreto. Além disso é necessário que a “tensão de raspagem” criada pelo movimento do concreto seja maior que a aderência entre o *cake* e as paredes da escavação.

De uma maneira geral a condição para uma boa concretagem submersa no que diz respeito ao concreto é dada pela Norma Brasileira (NBR-6122,1996).

- Resistência característica F_{ck} conforme projeto,
- Teor mínimo de cimento - 400 kg /m³.
- Fator máximo de a/c - 0,5.
- Slump - 20 ± 2 cm.
- Brita 1

As recomendações mencionadas a seguir, apesar de não constarem da Norma Brasileira, são muito importantes para se ter um concreto de alta trabalhabilidade e não segregável durante o lançamento:

- Agregado graúdo: deverá ter formas arredondadas, procurando-se evitar agregados com forma lamelar.

- Areia: areia natural na proporção de 35% a 45% do peso total dos agregados. Não deve ser permitido o uso de pó de pedra.

A Norma Brasileira não se preocupa com a resistência do concreto pois a resistência deixa de ser um fator importante diante do fator trabalhabilidade, tendo em vista as baixas tensões exercidas sobre o concreto e as altas resistências dos mesmos.

As condições especificadas para os materiais envolvidos na concretagem submersa (lama bentonítica e concreto) são necessárias, mas não suficientes para se ter uma concretagem satisfatória. É preciso, também, que certas condições de lançamento do concreto sejam atendidas.

O bombeamento de concreto, caso necessário, deverá ser feito com bombas de alta vazão bombeando para o funil de concretagem.

O concreto se comporta como um líquido viscoso. Quanto mais distante da saída do tubo de concretagem menor será sua capacidade de deslocar a lama bentonítica ou de remover o *cake* das paredes da escavação. A máxima distância que o concreto pode percorrer sem perder sua capacidade de deslocamento é da ordem de 2,5m a 3,0m. No caso de esta distância ser superada, deve-se usar mais de um tubo de concretagem, lançando-se o concreto igualmente nos dois tubos (Brasfond, 2009).

A concretagem de uma estaca é iniciada com o tubo “tremonha” colocado no fundo da estaca (cerca de 30cm acima do fundo). A medida que o concreto sobe dentro da escavação, sua capacidade de deslocamento diminui e haverá um momento em que será necessário movimentar o tubo de concretagem para cima e para baixo para que o concreto volte a fluir.

Os tubos de concretagem devem estar lisos, limpos, e ter suas juntas estanques.

Uma vez iniciada a concretagem, esta não pode ser interrompida e deve ser completada no menor tempo possível (cerca de 3 horas). Vazões de lançamento da ordem de 20m³/hora são suficientes para a maioria dos casos.

Durante a concretagem de uma estaca, o movimento do concreto não é somente ascendente mas segue uma trajetória mais complexa: na primeira concretagem o concreto lançado na estaca preenche o fundo da mesma. Na segunda o concreto lançado, já com o tubo “tremonha” em posição mais elevada, desloca a porção do primeiro concreto, situado ao redor do tubo “tremonha”, para as laterais da escavação e continua subindo dentro da estaca, sobrepondo-se ao concreto lançado anteriormente. Desta forma o primeiro concreto lançado permanece no fundo da estaca e o último no topo da mesma. Durante a concretagem, o concreto lançado na estaca empurrará para a lateral da mesma parte do concreto que está em contato com a lama bentonítica.

Concretagens demoradas ou interrupções prolongadas no fornecimento do concreto possibilitam a decantação de siltes e areias sobre a superfície do concreto já lançado. Estas partículas em contato com a lama bentonítica contaminada pelo cimento formam uma “borra” que será deslocada para a lateral da estaca pelo concreto fresco ou recoberta por ele. Lamas bentoníticas limpas e em boas condições evitam este problema. Interrupções prolongadas na concretagem podem obrigar a retirada do tubo “tremonha” de dentro do concreto para evitar o seu aprisionamento, podendo dar origem a juntas frias. (Hachich, W.C. et al, 1989 e Brasfond, 2009)

3.1.5 Metodologias de Execução das Estacas Escavadas

As estacas escavadas de grande diâmetro são executadas pela metodologia a seguir (Brasfond, 2009) e resumidas nas figuras 1 e 2.

3.1.5.1 Introdução

Para pilares de maior carga são utilizadas fundações profundas, por meio de estacas denominadas Estacas Escavadas de Grande Diâmetro.

Trata-se de estacas de concreto moldadas “in loco”, com perfuração mecânica do terreno e utilização de lama bentonítica para estabilidade dos furos antes da concretagem.

3.1.5.2 Execução

As estacas são executadas após a liberação da superfície do solo resultante da escavação de projeto, a qual deverá ser plana e desimpedida para a locomoção do equipamento.

A perfuração é ser feita com uso de perfuratriz rotativa para corte do solo, manobrada a partir de guindaste com mesa de suporte, por onde se aciona a haste telescópica acoplada à ferramenta de corte. Instala-se o tubo-guia nos primeiros metros da perfuração, para assegurar-se a locação e verticalidade do procedimento, bem como a estabilidade dos dois metros iniciais de escavação.

Na medida em que a perfuração avançar, mediante sucessivos enchimentos da ferramenta de corte seguidos do esvaziamento, o furo deve ser sempre protegido com lama bentonítica.

Atingida a cota de fundação, o processo de concretagem é iniciado. São então colocadas as armaduras previamente preparadas em canteiro, conforme especificado, e a seguir lançado o concreto com fck conforme projeto, utilizando-se tremonhas que o conduzam bem próximo ao fundo da cavidade.

Na medida em que o concreto é depositado, a lama bentonítica de menor densidade vai sendo expulsa pela boca do furo, onde é adequadamente recolhida para reutilização.

O prazo mínimo requerido para o início da superestrutura após a concretagem da infra-estrutura é de sete dias.

3.1.5.3 Fases de execução

A execução de uma estaca escavada obedece ao seguinte roteiro (NBR 6122, 2009):

- Locação da estaca e colocação da camisa-guia;
- Escavação com mesa rotativa acoplada a um guindaste, com simultânea colocação de lama bentonítica;
- Desarenação ou troca de lama bentonítica caso, ao final da escavação, a porcentagem de areia em suspensão ultrapasse os 3%.
- Colocação da armadura e tubo tremonha;
- Concretagem submersa da estaca e simultâneo reaproveitamento da lama bentonítica.

3.1.5.4 Controles

a) Características do Concreto

O concreto a ser utilizado nas estacas escavadas deve apresentar as características mencionadas no item 3.1.4..Devem ser retirados corpos de prova e realizados os testes de acordo com as Normas Brasileiras vigentes.

b) Tolerâncias

As estacas devem ser executadas na locação rigorosa, aplicando-se as tolerâncias especificadas na NBR-6122, 1996.

c) Controle da Lama Bentonítica no Campo

O controle da lama deve ser iniciado pela verificação da qualidade da água. Esta deve ser doce e potável, não apresentando substâncias capazes de causar a floculação da bentonita. O pH da água deve ser próximo do neutro.

O nível da lama dentro da escavação deve ser sempre mantido no mínimo 1,0 m acima do lençol freático. A fim de manter o nível de

bentonita constante, a perfuração é continuamente abastecida de lama, para compensar as perdas naturais durante a escavação.

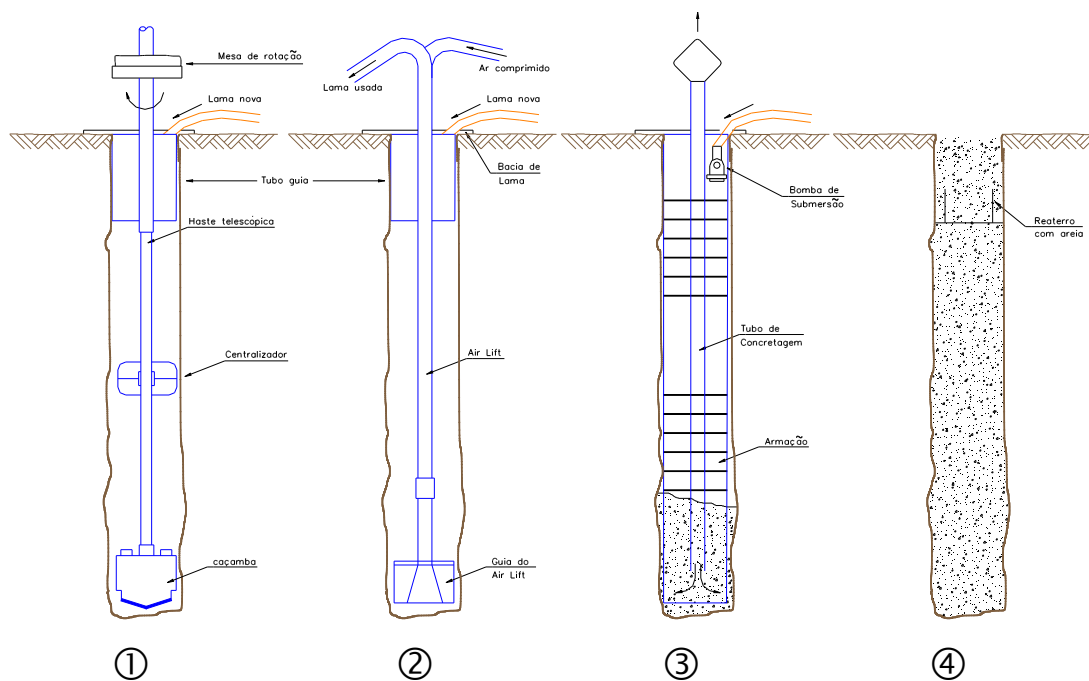
A lama bentonítica deve ter suas propriedades mantidas dentro dos limites especificados no item 3.1.2 - Tabela 3.2.

Ao término da escavação, a lama estará saturada - carregada de detritos de perfuração e deverá ser re-circulada a fim de limpar o fundo e trazer para a lama às condições adequadas de concretagem, comprovado mediante ensaio de amostra do fundo da escavação.

d) Registro

Cada estaca escavada deve ter seu histórico anotado em impresso próprio, destacando os seguintes elementos:

- Referência da estaca;
- Data da execução;
- Características geométricas;
- Tipo de concreto utilizado;
 - Slump e nº de cada caminhão,
 - Hora de início e término de cada caminhão,
 - Tempo de subida de cada caminhão
 - Volume de concreto real e teórico com referido gráfico;
- Tolerâncias observadas;
- Características da lama bentonítica antes e após a desarenação;
- Uma cópia do registro deve ser entregue ao cliente.

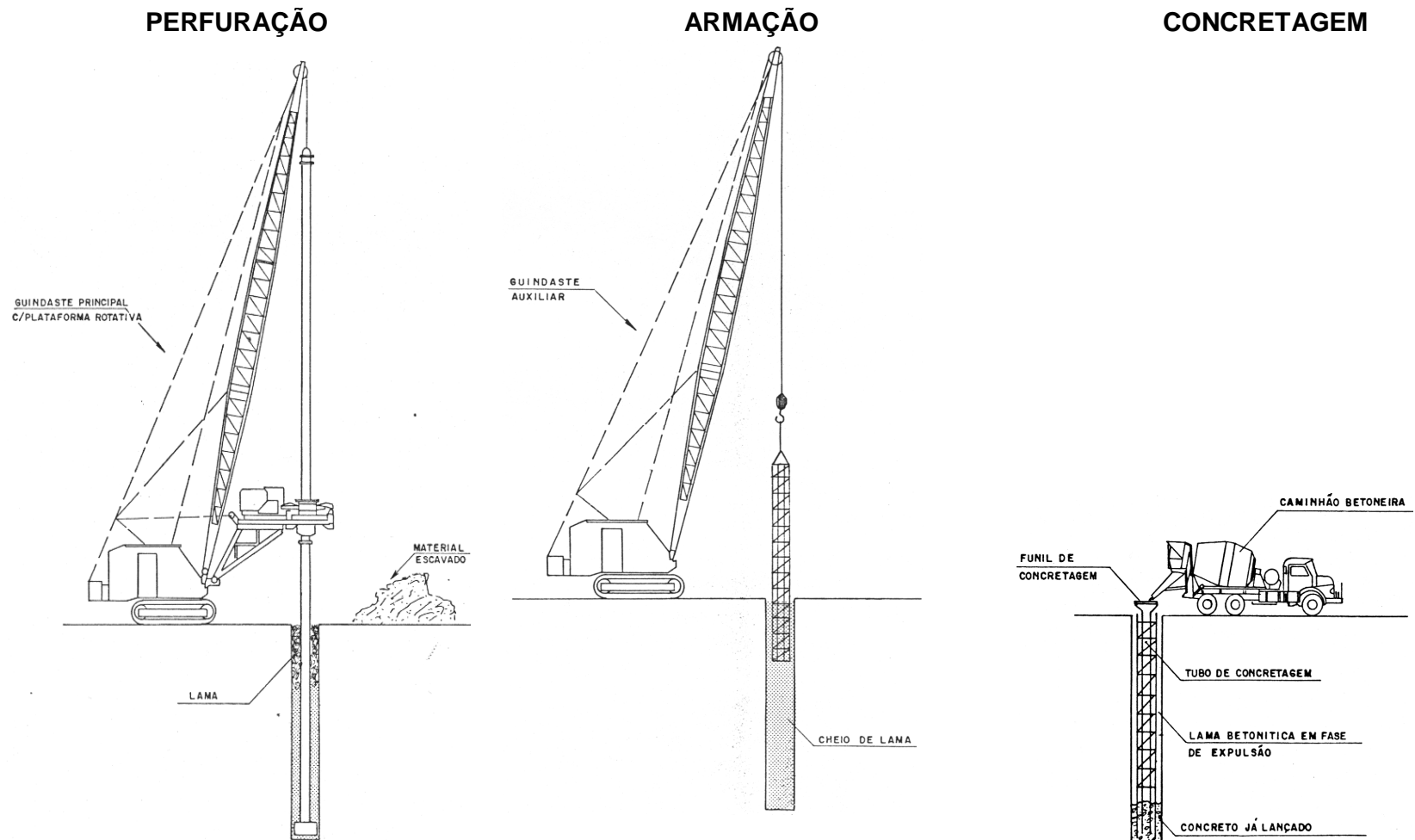


- ① Colocação do tubo guia e escavação interna .
Execução da bacia de lama para evitar o derramamento no terreno.
Escavação com caçamba especialmente adaptada, compensando-se com lama o volume de terra escavado.
- ② Atingida a profundidade de projeto ,faz-se o teste da bentonita quanto à densidade ,viscosidade e teor de areia , e estando de acordo com a Norma NBR-6122,1996 (www.abms.com.br) a estaca está liberada para a descida da armação e concretagem. Caso contrário dever-se-á substituir a lama ou desarená-la, até atender à referida Norma.
- ③ Colocação da armação do tubo de concretagem e bomba de submersão ou sucção.
Início de concretagem submersa, com concreto plástico esgotando a lama à medida do lançamento do concreto.
- ④ Terminada a concretagem, procede-se o reaterro e a retirada do tubo guia.

Figura 2 - Fases de execução de uma estaca escavada

Fonte: Brasfond (2009)

Figura 3 - Fases de execução de uma estaca escavada – Fonte: Brasfond (2009)



3.1.6 Paredes diafragma moldadas "in loco"

A execução de Paredes Diafragma é semelhante à execução de Estacas Escavadas (Brasfond, 2009).

a) Painéis da Parede Diafragma

As paredes diafragma são constituídas de painéis justapostos executados a partir da superfície do terreno. As juntas entre painéis são "juntas secas" do tipo "macho/fêmea" obtidas pelos "tubos junta" ou "chapas junta" que são colocadas nas extremidades do painel antes da concretagem e retiradas tão logo inicia a pega do concreto.

Construtivamente os painéis podem ser:

- Primários: são os painéis iniciais. São executados utilizando-se duas juntas colocadas uma em cada extremidade.
- Secundários: são painéis executados ao lado de um painel já existente. São executados com uma junta colocada na extremidade oposta ao painel existente.
- De fechamento: são painéis executados entre dois painéis existentes. Não se utiliza as juntas nestes painéis.

As paredes diafragma moldadas "in-loco" são executadas em painéis também denominados "lamelas", que geralmente têm largura mínima de 2,50m ou 3,20m, espessuras variando de 0,30m até 1,20m e profundidades de acordo com os requisitos de projeto.

A escolha da largura de um painel depende de vários fatores:

- Os painéis nunca podem ser menores do que a ferramenta de escavação.
- Painéis menores são mais estáveis, demandam menos tempo para escavar e concretar e portanto são recomendáveis para solos fracos.
- É sempre desejável ter numa obra de parede diafragma o menor número de juntas possíveis. Quanto maior o painel, menor será o número de juntas.

- Em paredes diafragma atirantadas, quanto maior a largura do painel, menor o número de tirantes.
- Tamanho e peso das armaduras (gaiolas) podem limitar a largura dos painéis.
- Não é recomendável a permanência de painéis abertos de um dia para o outro. Os painéis devem ser dimensionados para serem escavados e concretados no mesmo dia.

b) Parede Guia (Mureta Guia)

As paredes guias presentes em obras de parede diafragma, são estruturas construídas em concreto armado ou perfis metálicos instaladas ao longo do contorno da obra enterrada. Servem para manter estável e dirigir os painéis até o fundo das cotas finais de escavação.

Sua locação deve ser precisa, seu topo rigorosamente nivelado e posicionado acima do nível do terreno.

A distância entre as paredes guias deve ser igual a espessura teórica da parede diafragma acrescida de 5cm.

Inclusões de lama bentonítica no concreto, armaduras expostas e "borra" nas juntas entre painéis são defeitos resultantes ou da pouca trabalhabilidade do concreto, ou da utilização de lamas poluídas e com alto teor de areia ou os dois fatores em conjunto.

3.1.7. Descarte do material escavado e da lama inservível

A lama bentonítica retirada com solo do material escavado, de acordo com as normas técnicas da ABNT, deverá ser descartada em aterro sanitário para material classe II e a lama inservível que não será mais reutilizada, que sobra nos silos da obra, deverá ser descartada em aterro industrial que aceita este tipo de material. (Brasfond, 2009).

3.2 Polímero

A partir da década de 90, começou-se a utilizar polímeros como uma alternativa ao uso de lama bentonítica no Brasil, como fluido estabilizante. Escolheu-se para análise nesta dissertação a última geração denominada G3 fabricada pela empresa GEO – GROUND ENGINEERING OPERATIONS – Produtos e Soluções de Engenharia e Geotecnia Ltda – Lisboa - Portugal.

3.2.1 Características do polímero Geração G3:

De acordo com FABRICANTE o sistema G3, analisado neste estudo, refere-se a quatro componentes:

- Polímero Sintético;
- Co-Polímero A (função de decantação associado ao Polímero Sintético);
- Co-Polímero B (regulador de densidade e viscosidade associado ao Polímero Sintético);
- Co-Polímero C (fluido para auxiliar na limpeza de fundo da escavação em solos com partículas de areia muito finas que entram em suspensão e dificultam a limpeza de fundo da escavação). Este componente foi desenvolvido especialmente para solos arenosos do Brasil, exemplo: Santos-SP;

São ainda usados como acessórios o Hidróxido de sódio (NaOH) e eventualmente outros produtos.

3.2.1.1 Polímero Sintético

Um granulado de Polímero Sintético altamente concentrado, concebido especificamente para interagir quimicamente com todos os tipos de solo, é a base do sistema de estabilização. A sua estrutura molecular permite-lhe ser completamente solúvel na água, sem alterar a sua função primária de ligação química ativa na estabilização das partículas de solo.

A sua estrutura molecular foi concebida também para uma função secundária de interação com os outros componentes poliméricos do sistema.

A fórmula do Polímero Sintético de peso molecular alto e cargas de densidade estáveis resultam numa solução aquosa extremamente viscosa. O Polímero Sintético é um polímero aniônico solúvel em água, composto por monômeros de carbono e hidrogênio, ou seja, matéria orgânica, não poluente para o meio ambiente.

3.2.1.2 Co-Polímero A

É um catalisador que tem como funções, fortalecer os grupos aniônico e associativo da matriz do polímero primário, o Polímero Sintético, além de ser utilizado nos diversos processos de decantação do fluido, como limpeza da escavação ou tanques de sedimentação.

O Co-Polímero A está disponível no estado líquido e mistura-se com água. A quantidade de produto usado varia com a aplicação pretendida, normalmente em soluções que variam entre 10 e 25% consoante as necessidades ou efeito pretendido. A adição destas soluções é feita diretamente à escavação ou colocada em sacos plásticos com um peso para o seu afundamento em caso da necessidade de uma aplicação mais localizada.

Segundo o fabricante, são as seguintes as vantagens do Co-Polímero A:

- a) limpeza do Polímero Sintético permitindo sua reutilização;
- b) utilizado para limpeza do fundo da escavação;
- c) aumenta a resistência da cadeia de polímero;
- d) favorece a interface com as paredes da escavação.

3.2.1.3 Co-Polímero B

É um co-polímero multi-funcional de aplicação conjunta no sistema que se apresenta no formato líquido ou sólido em “flocos”.

Tem aplicações variadas como o controle da perda de fluido e o aumento da viscosidade localizada para além de permitir diversas combinações com outros produtos do sistema e químicos, para resolução de diferentes problemas.

Em concentrações superiores a 0,5% aumenta a capacidade de suspensão de sólidos no fluido propiciando uma maior capacidade tixotrópica e permitindo obter valores de densidade mais elevados na coluna de escavação.

Este regulador de densidade e viscosidade pode ser aplicado diretamente na escavação. A adição deste produto também pode ser feita em sacos plásticos à semelhança do já descrito do Co-Polímero A.

3.2.1.4 Co-Polímero C

É um fluido para auxiliar na limpeza de fundo da escavação. Foi desenvolvido para aplicação conjunta no sistema em solos extremamente arenosos finos como temos no litoral paulista.

Sua aplicação é para o controle da decantação das partículas em suspensão dentro da perfuração, como limpeza da escavação ou tanques de sedimentação

Foi desenvolvido especialmente pela GEO para ser utilizado no Brasil, devido as particularidades dos solos encontrados em obras litorâneas.

3.2.1.5 Soda Cáustica - NaOH

O Hidróxido de Sódio, também conhecido como Soda Cáustica, é utilizado para alterar o pH da água. A dosagem a aplicar de hidróxido de sódio líquido para tratamento prévio da água, antecedendo a adição do Polímero Sintético, é de um litro por metro cúbico. Se este se apresentar em formato sólido a aplicação faz-se tendo por base a razão de 0,5 kg de hidróxido de sódio por metro cúbico de água.

3.2.2 Hidratação e Técnicas de Mistura (GEO, 2009)

Um polímero não é mais do que um conjunto de unidades moleculares, chamados monômeros.

Estes, combinados geram co-polímeros que podem ser associados entre si e completar-se num polímero. Estruturalmente, o polímero pode ser linear ou ramificado. Estas estruturas em qualquer dos casos podem ser interligadas. Existem diversas variações na estrutura dos polímeros devido à possibilidade de combinar dois monômeros de múltiplas formas, resultando em estruturas tridimensionais. Como analogia pode ser comparada a uma árvore cheia de troncos. Cada tronco, por hipótese, teria uma configuração e função diferente. Num polímero podem assim acrescentar-se os “troncos” que quiser para gerar o polímero desejado. O mercado

está inundado de polímeros com finalidades e aparências completamente diferentes (GEO, 2009).

O Polímero Sintético, como ilustrado na Figura 3, é formado por uma “coluna dorsal”, composta por moléculas de carbono. Regra geral, esta primeira estrutura é igual para os muitos polímeros que se aplicam nesta indústria. A esta coluna estão ligados grupos hidrófobos, grupos aniônicos (carga negativa) e grupos catiônicos (carga positiva). Estes elementos são determinantes no comportamento do polímero e pela manutenção da sua estabilidade ao longo da sua aplicação.

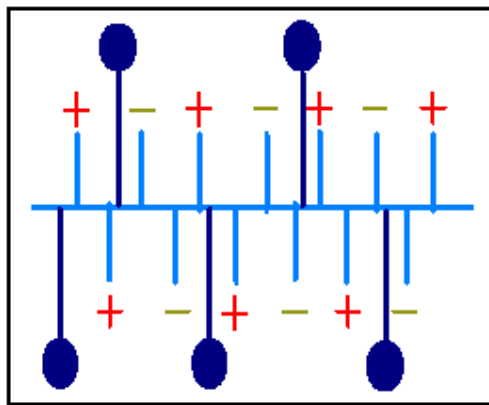


Figura 4 – Polímero Sintético – grupos aniônicos e catiônicos
Fonte: GEO (2009)

Os grupos hidrófobos que existem em menor quantidade na estrutura molecular são ambivalentes. Como função primária, são responsáveis pela ligação das cadeias de polímero entre si. Como função secundária, respondem pela formação de uma membrana que tem uma espessura pequena e que se repõe constantemente sobre as paredes da escavação.

As cadeias poliméricas ao interligarem-se vão criar uma estrutura semelhante a uma “teia de aranha” tridimensional.

A palavra “hidrófobo” refere-se a uma fobia a água. Este grupo funciona como o azeite sobre a água, ou seja, as moléculas deste grupo repelem todas as moléculas diferentes, tais como as de água ou as partículas do solo, o que pode tornar-se numa grande vantagem. Estes grupos reagem somente entre si e com grupos semelhantes que existem nos aditivos dessa geração 3 de polímeros.

O grupo catiônico tem como principal função estabelecer a ponte com o solo. O grupo aniônico tem a função de hidratação propriamente dita, ou seja, a captação de todas as moléculas de água livres.

As moléculas de água associam-se aos elementos de carga negativa existentes na estrutura do polímero permitindo a sua hidratação (figura 4) e gradual aumento de viscosidade com a captação das moléculas de água disponíveis.

Para que a hidratação ocorra corretamente, a concentração de polímero deverá ser suficiente para inibir por completo a livre circulação da água. Deste modo, a adição de Polímero Sintético deve ser feita de uma forma lenta e constante no fluxo de água. Para possibilitar uma hidratação mais fácil e rápida do polímero durante a mistura, a água colocada em circulação com o auxílio de uma bomba deve ser direcionada para dispersão do fluxo de água e assim obter uma superfície plana colocada no alto do tanque que permita a melhor absorção do granulado de polímero.

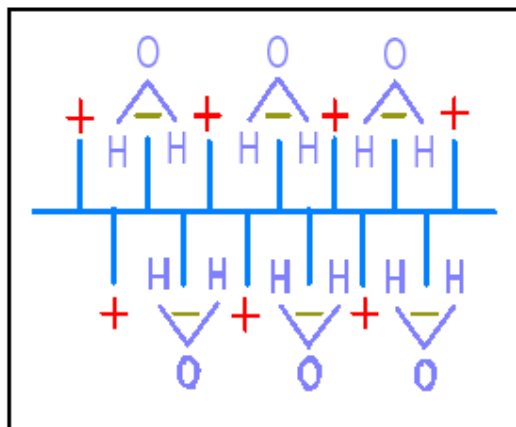


Figura 5 – Hidratação do Polímero Sintético
Fonte: GEO (2009)

O Polímero Sintético deve ser inicialmente adicionado a uma razão de 1 quilograma por m^3 de água. Antes de adicionar Polímero Sintético, o pH da água deve ser ajustado entre 11 e 12. Para o correto ajuste do pH da água, utiliza-se hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio (soda cáustica), preferencialmente em forma líquida. A dosagem padrão de soda cáustica (solução de 45 a 50%) é de 1 litro por m^3 de água. Se a soda cáustica for adquirida na forma sólida, a dosagem aconselhada é 0,5kg por m^3 de água.

Se o fluxo de água ou agitação do fluido forem insuficientes em função da velocidade de adição do granulado de polímero, formar-se-ão aglomerados de polímero inertes resultando numa viscosidade inferior à inicialmente esperada e conseqüentemente num maior consumo de polímero do que o inicialmente previsto.

Com a dosagem inicial recomendada e após o tratamento inicial da água, a viscosidade obtida variará entre 60 e 70 segundos (cone de Marsh). O Polímero Sintético mantém as suas propriedades ao longo do tempo desde que não seja exposto a elevadas concentrações de contaminantes químicos, tais como: carbonatos de cálcio, magnésio, cálcio e cloro entre outros.

É indicado que, sempre que possível, a mistura seja feita no tanque. Em todo o caso, dependendo de condições da obra em geral, como falta de espaço ou tipo de solo, pode ser necessário adicionar o Polímero Sintético diretamente à escavação.

A adição do Polímero Sintético diretamente à escavação pode trazer vantagens, como aumento da viscosidade localmente quando necessário e melhoria na estabilização da formação geológica, ajudando a prevenir perda de fluido e aumentando em geral a sua performance.

Um fator que pode conduzir à introdução deste método numa obra com uma central adequadamente instalada recai na seleção das bombas. Se não estiverem disponíveis bombas adequadas, o processo deve ser alterado para que seja diminuído o impacto das bombas no consumo final de polímero e sobretudo garantir que o fluido chega à escavação com os parâmetros adequados:

Assim sendo o processo inicia-se, nestes casos que houver necessidade, com o aumento do pH da água com hidróxido de sódio no tanque de armazenagem e a sua circulação com a bomba até o pH atingir valores entre 11 e 12. Posteriormente, o líquido é enviado para a escavação onde se fará a adição direta do polímero à boca da escavação. A recuperação após concretagem decorre normalmente com as correções de pH a serem concretizadas nos tanques de armazenagem por ar comprimido apenas. A agitação do tanque não deverá ocorrer através da bomba (centrifuga). Na próxima escavação serão verificados novamente todos os parâmetros à entrada (introdução do fluido na escavação) e todas as correções a implementar decorrerão no início e durante a escavação.

No caso de só se dispuser bombas do tipo centrífuga para executar a mistura e não for possível a mistura direta à escavação deve-se garantir que o tanque de mistura seja agitado por ar comprimido. Após a correção do pH, a bomba deve ser ligada para criar uma cauda que permita a adição do granulado no tanque de mistura.

Concluída a adição do granulado, a bomba é desligada de imediato para evitar cortar as cadeias e perder viscosidade. A agitação por ar comprimido será mantida para que a hidratação se processe de forma homogênea. O envio do fluido para a escavação decorre por gravidade. A recuperação é feita com a bomba centrífuga. A reciclagem é feita por adição direta na escavação ou seguindo a indicação já descrita mantendo a bomba ligada somente o tempo indispensável para adicionar o granulado.

3.2.3 Interação dos produtos com o solo

Diferentes tipos de solo têm diferentes reações e características, respondendo de forma diferente a estímulos provocados pela sua interação com diferentes fluidos de estabilização e aditivos.

Em termos mais gerais, uma partícula de solo tem uma maior concentração de cargas negativas na sua área de contato, estando as cargas positivas associadas a pontos com arestas e depressões ou irregularidades. Formações com predominância argilosa têm uma densidade de cargas muito mais elevada que por exemplos uma formação arenosa.

3.2.3.1 Características eletroquímicas do Polímero Sintético

Como já mencionado, um polímero é formado por uma longa cadeia que é a sua “coluna vertebral” constituída em sua totalidade por elementos de carbono. A esta coluna estão associadas “braços” que têm cargas positivas, cargas negativas e grupos associativos que são hidrofóbicos. Os grupos hidrofóbicos só gostam de si mesmo e repelem a água. Estes grupos não se ligam aos “braços” de carga positiva ou negativa mas somente a si mesmos.

No início de uma escavação, uma percentagem de polímero penetra no maciço de solo pelas suas paredes. Esta migração é inevitável e permite que o polímero comece a envolver o solo.

Devido à elevada concentração de cargas negativas que se encontram nas diversas partículas do solo, a ligação entre a matriz de polímero e o solo é feita convenientemente através das cargas positivas. Desta forma evita-se a libertação das moléculas de água que conferem a viscosidade ao polímero.

Esta afinidade permite que o solo seja coberto pelos diversos filamentos de polímero impedindo a sua fragmentação; este fenómeno é conhecido por encapsulamento. O encapsulamento evita que o solo se parta cada vez mais, aumentando a área de contato entre o fluido e o solo.

No entanto o encapsulamento exige que a concentração do polímero fique acima de valores recomendados mínimos, caso contrário inicia-se um ciclo indesejável que pode ser de difícil correção e/ou dispendioso.

Quando a quantidade de ligações a disponibilizar pelos “braços” com cargas negativas das cadeias de polímero diminuem, as moléculas de água deixam de ser capturadas. Encontram-se progressivamente livres para circular. O terreno passa então a absorver estas moléculas. À medida que este processo se desenrola mais água é absorvida até se atingir um ponto de ruptura em que a fragmentação do terreno é inevitável. O pouco polímero disponível, vai tentar sucessivamente envolver mais estes sólidos perdendo ainda mais dos seus parâmetros iniciais e entrando num ciclo vicioso que leva a água livre a penetrar no solo, aumentando a pressão interna nos poros o que gera micro colapsos e coloca mais solo em suspensão, alterando a geometria do furo. Começa-se a assistir à inversão do sistema, verificando-se, como é natural, o aumento da densidade e diminuição da viscosidade. A partir do momento em que se observe uma inversão do sistema, esta situação é irreversível independentemente de quanto polímero se adicione.

Os resultados visíveis são:

- Escavações sujas
- Teores de areia elevados
- Geometria de escavação irregular
- Sobre-consumo, conhecido como “overbreaking” de concreto elevado
- Contaminação do concreto
- Aumento do consumo de polímero
- Sujeira nos tanques
- Áreas de escavações mais sujas

- Fluido contamina o meio ambiente
- Eliminação tóxica

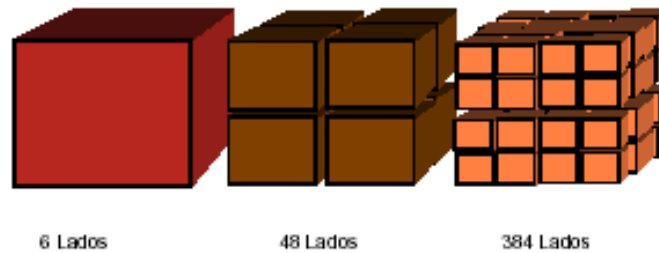


Figura 6 – Quantidade de Polímero Sintético a ser exigido na inversão do sistema
 Fonte: GEO (2009)

Como se pode verificar na Figura 3.5, passa a ser exigida maior quantidade de polímero para fazer face a este descontrole.

Ao evitar que a área de contacto aumente continuamente, é possível manter o terreno compacto. Desta forma pode-se afirmar que a quantidade de polímero necessário para recobrir cada novo fragmento de solo é proporcional à sua fragmentação. Por outro lado, o fenômeno do encapsulamento, quando os parâmetros do polímero estão devidamente controlados, permite diversas vantagens. Em suma, o fenômeno permite:

- Evitar o excesso de sólidos em suspensão na coluna
- Consolidar a formação o que garante estabilização da escavação
- Reduzir o consumo de polímero
- Permitir a utilização de trados helicoidais em terrenos arenosos
- Facilitar a remoção dos despojos da escavação que se apresentam secos
- Escavações limpas
- Teores de areia baixos
- Geometria de escavação regular
- Sobre-consumo, conhecido como “*overbreaking*” de concreto baixo
- Concretagem sem contaminação do concreto
- Parâmetros de consumo controlados e em constante descida
- Tanques limpos
- Área de trabalho limpa
- Fluido biodegradável

3.2.3.2 Formação da membrana do sistema do Polímero

Os filamentos de fluido iniciam a sua interação com o solo, recobrimo-o até que determinados parâmetros de concentração sejam atingidos. Uma vez alcançados, as cadeias de polímero passam a apresentar um número considerável de *pólos associativos* livres.

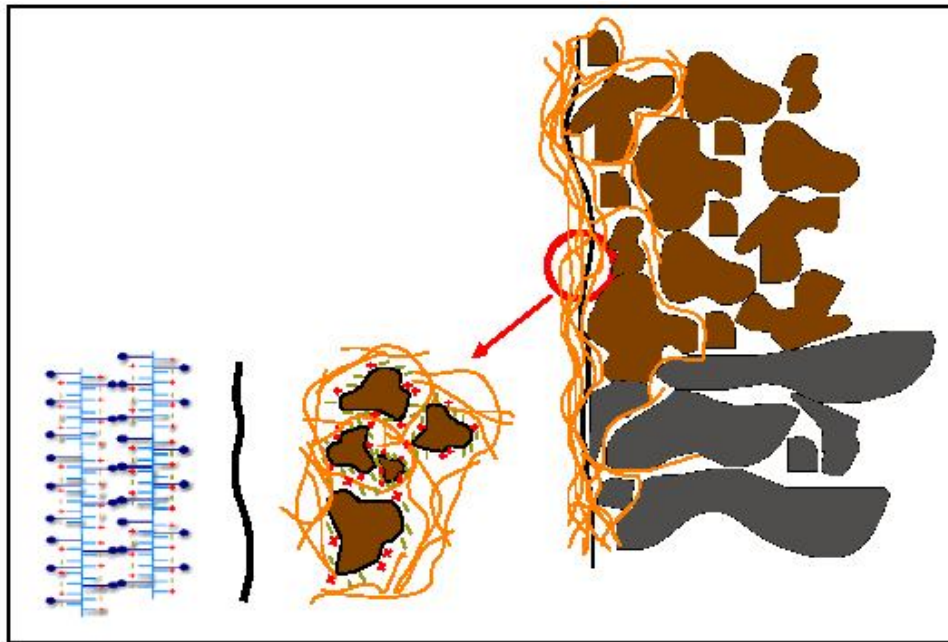


Figura 7 – Formação da membrana do Sistema da Geração 3
Fonte: GEO (2009)

Estes pólos, como já mencionado, só servem para interligar as diversas cadeias de polímero entre si. A partir do momento em que todas as ligações entre as várias cadeias estejam asseguradas, os pólos associativos passam a estar disponíveis. A acumulação destes pólos na face e dentro das paredes de escavação formam uma membrana à semelhança do *cake* criado pela lama bentonítica. A membrana é composta pela matriz envolta no solo à face e dentro da parede. Esta membrana, embora consideravelmente mais fina que o *cake* da bentonita, evita a livre circulação de água, uma vez que estas moléculas estão “amarradas” à coluna dorsal das cadeias de carbono. A membrana reduz a passagem de mais cadeias de polímero, servindo estas para reforçar a membrana.

Esta é ativa e cria uma barreira que permite a aplicação da transferência de pressão hidrostática para as paredes de escavação. A membrana uma vez formada está sujeita ao desgaste por ação da ferramenta de corte que a rasga sempre que passa, somente à face da parede. No entanto, segundo o fabricante, a contínua regeneração é imediata, evitando perda de fluidos ou desequilíbrio na estabilização

da escavação. Uma grande vantagem desta membrana é o seu controle de crescimento. Ao contrário do *cake* que cresce sem parar a membrana de polímero uma vez atingida determinada espessura, para de crescer. Graças a este fator, evita-se posteriormente a contaminação do concreto e é substancialmente melhor a ligação entre o ferro e o concreto.

Esta membrana apresenta microscopicamente o aspecto de uma “teia” tridimensional que contribui para a estabilização do solo. Para além de estabilizar o solo, a concentração de filamentos de polímero devido à sua estrutura vai preencher espaços vazios e mais porosos nas irregularidades do solo criando uma “matriz” com este e ajudando a prevenir a perda de fluido. Estes filamentos não obstruem os poros da formação, eles agem mais como um elemento de consolidação.

3.2.3.3 Co-Polímero A

O Co-Polímero A é um co-polímero líquido que atua ao nível molecular fortalecendo as cadeias dos outros polímeros da linha de produtos da geração 3 de polímeros sintéticos.

O Co-Polímero A não interage diretamente com o solo e não hidrata, não absorvendo água mas é no entanto, solúvel.

O Co-Polímero A interage com a matriz do Polímero Sintético estruturalmente, visto ser formado em sua maioria por cargas positivas, criando “pontes” nas cadeias do Polímero Sintético. Estas pontes são chamadas de “Cross-linkers”, e agem fechando e cruzando a matriz do Polímero Sintético e reforçando a membrana. Mesmo com a membrana já formada, existem situações em que se torna necessário reforçá-la. Existem circunstâncias, como entrada de água ou contaminação química, que causam rupturas na membrana. O Co-Polímero A reforça e torna a fechar estes pontos mais sensibilizados, tornando a membrana mais resistente e elástica.

Estas ligações reforçadas pelo Co-Polímero A são agora mais estáveis, mais fortes e resistentes do que as ligações estabelecidas pela matriz. Podemos visualizar estas ligações, a título de exemplo, como uma costura simples no caso de Polímero Sintético e uma costura dupla ou tripla com a adição de Co-Polímero A, conforme Figura 3.7.

Dependendo da dosagem, a ação do Co-Polímero A sobre a matriz de Polímero Sintético poderá resultar em aplicações diferentes. Com dosagens mais baixas assistimos ao acima descrito.

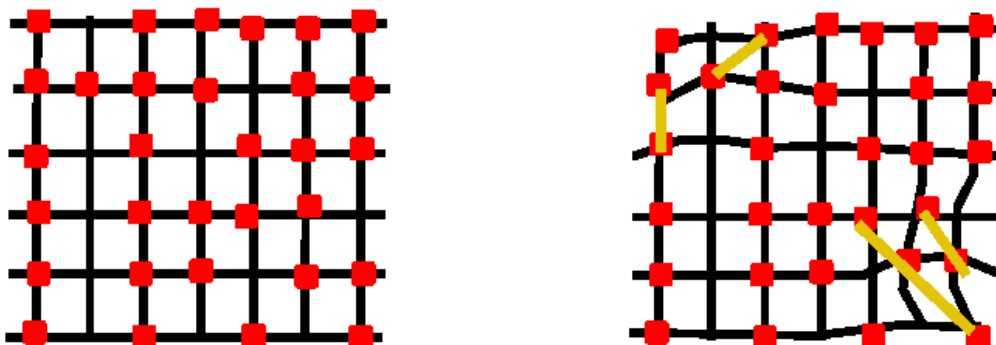


Figura 8 – Matriz de Polímero Sintético
Fonte: GEO (2009)

Com dosagens mais altas, Co-Polímero A liga estruturalmente a matriz de Polímero Sintético tornando-a progressivamente mais fechada, em que os sólidos em suspensão são aprisionados na matriz tornando-se mais pesados e afundando para serem facilmente recolhidos pela ferramenta de limpeza. É de salientar a importância que a ação da ferramenta de corte tem neste processo ao criar agitação, possibilitando a dispersão do produto, que por si só não aconteceria.

O Co-Polímero A é utilizado em diferentes circunstâncias conforme o resultado pretendido, pelo que é considerado um polímero de multi-funções. Primeiramente tem a função já descrita, mas a sua aplicação mais corrente é a de limpeza da escavação ou tratamentos por aplicação direta nos tanques de sedimentação.

3.2.3.4 Co-Polímero B

O Co-Polímero B é um co-polímero que, por facilidade de utilização, se encontra preferencialmente no estado líquido, apesar de também estar disponível no estado sólido em “flocos”.

Quando introduzido no Polímero Sintético, cria uma “ponte”, ligando a nível molecular e estrutural os diferentes produtos do sistema causando alterações no seu comportamento benéficas a uma boa estabilização ao penetrar na matriz polímero/solo para resolver problemas como baixa viscosidade e perda de fluido.

O Co-Polímero B é um co-polímero com cargas positivas e cadeia mais curta que do Polímero Sintético. Quando utilizado, a sua ação na matriz promove ligações intercalares tornando a matriz mais fechada e com espaços de ligação entre si mais curtos, ou seja, como uma rede de pesca em que são acrescentados segmentos à sua malha. Esta, no entanto não sofre qualquer distorção independentemente das dosagens utilizadas. Aumentando as dosagens e número de aplicações, a rede torna-se progressivamente mais densa. Não esquecer que estamos a incorporar ao sistema um aumento de cargas positivas que irão propiciar e incrementar as ligações de fluido ao solo.

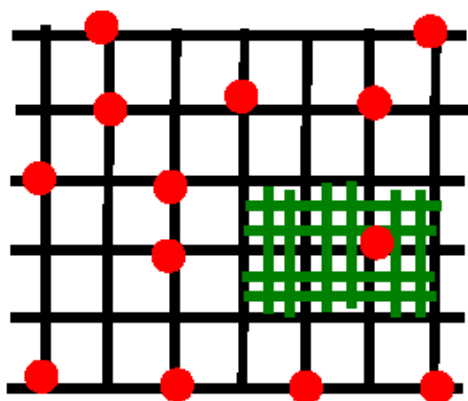


Figura 9 – Membrana de polímero – em evidência: pontos de ligação
Fonte: GEO (2009)

Passam portanto a existir na membrana muito mais pontos de ligação, visto que a membrana se encontra agora muito mais fechada e reforçada; sólidos em suspensão que antes passariam por ela, passam agora a incorporá-la tornando o fluido mais pesado. O Co-Polímero B pode ser incorporado na mistura inicial sempre que justificado pelo tipo de solo como medida de prevenção de casos de provável perda de fluido. Em dosagens muito altas a inclusão de Co-Polímero B no sistema propicia uma interação contínua com a matriz de Polímero Sintético, tornando-a progressivamente mais fechada e densa e suspendendo cada vez mais sólidos, potencializando as capacidades tixotrópicas do fluido. Em dosagens muito elevadas esta capacidade pode ser levada de uma forma controlada a suspender sedimentos por longos períodos de tempo, consequentemente proporcionando um fluido mais viscoso e mais pesado.

Da sua combinação com o Polímero Sintético, salienta-se o aumento da viscosidade e da capacidade de suspender sólidos da escavação, podendo mesmo

propiciar a propriedade da tixotropia quando utilizado em percentagens mais elevadas. Ao ser combinado com Hidróxido de Sódio, que no sistema da geração 3, é normalmente utilizado para controle do pH, as suas propriedades alteram-se, criando um endurecimento gradual da membrana do polímero numa técnica conhecida como plastificação da membrana, utilizada para resolver problemas como perda de fluido em formações geológicas mais porosas, ou mesmo colapsos em combinação com outros estabilizadores.

3.2.3.5 NaOH

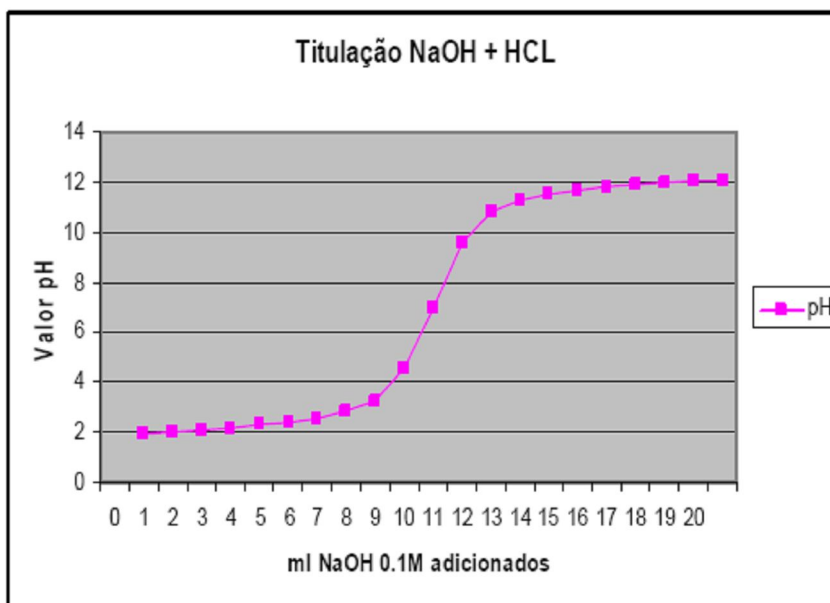


Figura 10 – Curva típica do Hidróxido de Sódio
Fonte: GEO (2009)

O comportamento do Hidróxido de Sódio segue uma curva típica como apresentada no gráfico da figura 3.9.

Esta curva é importante quer na correção do pH durante a preparação do fluido, bem como durante o tratamento para descarga residual.

Dado que o hidróxido de sódio é introduzido no sistema em baixa quantidade, o fluido revela ter uma baixa capacidade para influenciar o comportamento das argilas. Em determinadas argilas que têm componentes de coesão como os óxidos de ferro ou óxidos de alumínio em proporções elevadas e que mantêm a estrutura das argilas, a adição de Hidróxido de Sódio promove a separação destes elementos da argila tornando-a mais vulnerável à penetração de

dispersantes tal como à água doce, devido a água ser um dos principais agentes que contribuem negativamente para a estabilização dos solos.(GEO,2009)

Todos os terrenos possuem uma composição de elementos químicos que poderão ser manifestamente agressivos para a estrutura do polímero. Para se evitar o ataque direto à estrutura existem no mercado químico como à Soda Caustica que previnem estes ataques químicos.

A Soda Caustica ou Hidróxido de Sódio possui um grupo designado de OH, que facilmente estabelece ligações com outros elementos químicos, libertando o Sódio (Na), nomeadamente os .que participam dos ataques ao polímero. Estas ligações geralmente surgem com oportunidade, pois são geralmente mais “pesados” que o próprio fluido polimérico, dentro da escavação. Desta forma verificamos que a Soda Cáustica precipita elementos indesejáveis para o fundo da escavação. Como exemplo podemos referir que O NaOH funciona como um escudo invisível que impede que penetre nas defesas do polímero e o destrua facilmente.

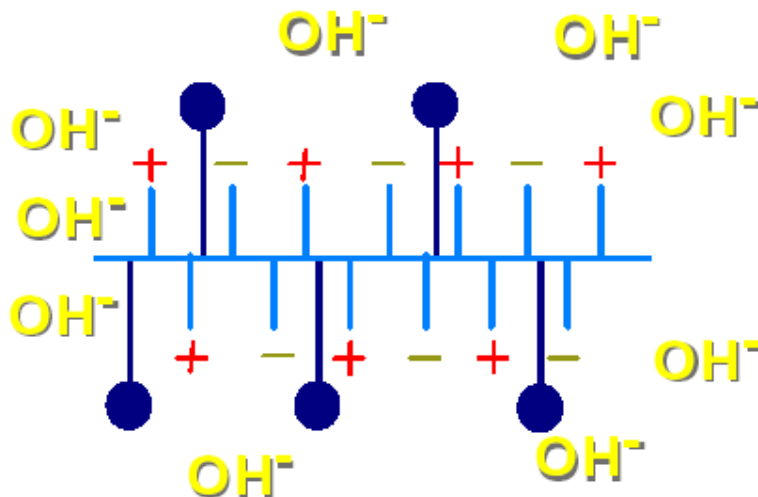


Figura 11 – Polímero Sintético e NaOH
Fonte: GEO (2009)

Este componente tem no entanto uma segunda função no sistema. Este possibilita que as cadeias de Polímero Sintético se apresentem estruturalmente não distorcidas o que privilegia todas as ligações que se estabelecem quer entre cada cadeia, quer entre o solo e as cadeias. Ou seja, a troca de cátions é favorecida e a disponibilidade para ligações múltiplas revela-se proveitosa para o correto estabelecimento da matriz. A hidratação também ocorre de uma forma ordenada uma vez que todos os pontos de absorção de água se encontram disponíveis.

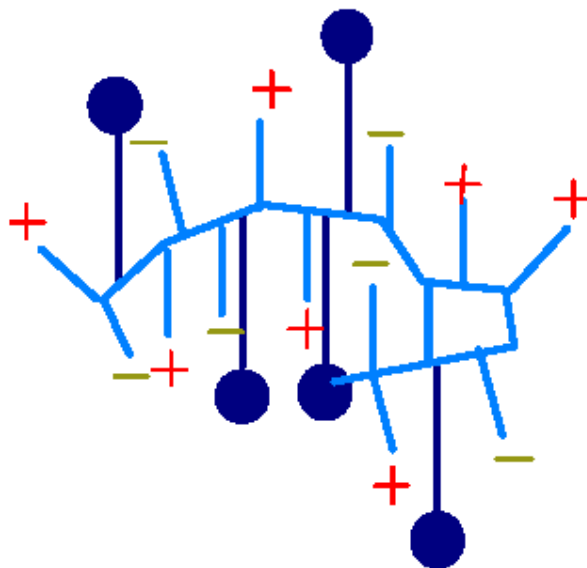


Figura 12 – Polímero sintético hidratado
 Fonte: GEO (2009)

É no entanto possível a hidratação do polímero sem o recurso de correção do pH.

Este polímero é no entanto um fácil alvo, em que uma vez atacado se verifica constantes perdas de viscosidade ou floculação que impedem a sua função ativa. Isto porque os elementos químicos podem facilmente penetrar e intrometer-se numa estrutura, já de si fragilizada e partir as ligações existentes. No entanto, é possível em determinados terrenos seguir com procedimentos de não correção ao pH dado que nem todos os elementos químicos são prejudiciais ao desempenho dos polímeros. A principal diferença com outros polímeros é: os polímeros acrílicos possuem uma cadeia menos tolerante que a dos polímeros de última geração.

3.2.4. Meio ambiente, tratamento do fluido e descarga

Existem várias técnicas de tratamento geral do fluido. A empresa GEO, sugere a descrita abaixo.

3.2.4.1 Tratamento do Fluido

Existem vários métodos de tratamento do fluido após sua utilização sendo o indicado pela GEO o tratamento com Hipoclorito de Cálcio e Ácido Clorídrico. Este tratamento neutraliza os níveis de pH e elimina o sistema, convertendo o fluido em água residual. Este procedimento só é aplicado uma única vez no fim do projeto, salvo se o cliente decidir pela reutilização do fluido em uma outra obra.

O Ácido Clorídrico é utilizado para neutralizar os valores alcalinos do pH. Geralmente este produto encontra-se disponível em forma líquido, em soluções de 30%. As quantidades a aplicar variam entre 3 a 5 litros por m³ de fluido. Os tanques devem estar em agitação quando da adição deste produto.

O Hipoclorito de Cálcio encontra-se disponível no mercado em forma de granulado e em diversas concentrações, sendo a mais indicada entre 60 a 70%. As quantidades a utilizar variam entre 0,1 a 0,5kg por m³ de fluido adicionando o produto diretamente ao fluido após a neutralização do pH.

O resultado final é a transformação do fluido em água residual.

Segundo o fabricante, o produto final deste tratamento pode ser descartado sem perigo de qualquer contaminação diretamente no meio ambiente ou sistema de esgotos de acordo com as leis locais (GEO, 2009).

a) Procedimentos de Operação

Como forma de atuar com polímero reciclado que pretende-se neutralizar deve-se considerar e verificar em primeiro lugar os instrumentos e mecanismos regulamentares que são utilizados:

- Instrumentos
 - Funil Marsh e respectivo copo
 - Fitas de tornassol para leitura pH

- Fitas para leitura de parâmetros de cloro
- Balança baróide
- Procedimentos:
 - a) Recolher uma amostra.
 - b) Verificar e registrar viscosidade
 - c) Verificar e registrar pH
 - d) Verificar e registrar densidade do fluido
 - e) Adicionar Ácido Clorídrico ao fluido a tratar.
 - f) Verificar pH do fluido em intervalos de 15 minutos. Caso a alteração pretendida não tenha sido alcançada, continuar a adicionar Ácido Clorídrico. Geralmente o pH desejável verifica-se entre 6 e 9. Se houver normas ou leis vigentes e específicas a esta matéria, deverão ser integralmente respeitadas.
 - g) Verificar a densidade do fluido
 - h) Adicionar Hipoclorito de cálcio. Verificar a viscosidade do fluido. Uma vez alcançada a viscosidade de 30 segundos, interromper a adição de Hipoclorito de Cálcio.
 - i) Verificar o índice de cloro. É possível que a leitura de cloro apresente valores superiores ao limite imposto. A libertação de cloro não é imediata pelo que a agitação dos tanques com ar comprimido deve ser mantida. Continuar a registrar os valores de cloro se forem registrados valores abaixo dos limites impostos.
 - j) O produto final pode então ser lançado para o seu destino.

3.2.4.2 Alternativa de Tratamento do Fluido

O fabricante sugere que o tratamento para descarte seja com Ácido Clorídrico que é um reagente que precisa de cuidados para manuseio.

A alternativa, segundo Calapodopulos (2009), seria utilizar em substituição ao Ácido Clorídrico, o Ácido Fosfórico, que é muito utilizado na indústria alimentícia, como acidulante. O Ácido Fosfórico é brando, não tem problema quanto a seu a seu manuseio, mesmo em presença de água, porque ao reagir com uma solução alcalina, como o polímero, resulta em sais de fósforo que é um macronutriente e poderá ser descartado em qualquer lugar como forma de adubo. Ainda segundo Calopodopulos, outra alternativa é substituir o Ácido Clorídrico pelo Carbonato de Potássio, que também é um macronutriente.

3.2.4.3 Descarte do material escavado da obra

O polímero, assim como a lama bentonítica, após a retirada com solo do material escavado, de acordo com as normas técnicas da ABNT, deverá ser descartado em aterro sanitário (comum) para material classe II. (fonte: Brasfond, 2009).

4 ASPECTOS AMBIENTAIS ENVOLVIDOS NA UTILIZAÇÃO DE LAMA BENTONÍTICA E POLÍMEROS EM OBRAS DE FUNDAÇÕES

“Nosso maior desafio neste século é pegar uma idéia que parece abstrata e torná-la uma realidade para todas as pessoas do mundo.” – desenvolvimento sustentável. (Kofi Annan, Secretário Geral das Nações Unidas 1997-2006)

A Engenharia Civil é um dos setores com geração de poluição em grande escala no mundo - a idéia de sustentabilidade não pode ficar somente na teoria. Há necessidade urgente em iniciar um plano de conscientização e ação, para termos um mundo melhor no futuro.

Definição de Sustentabilidade:

“O conceito foi introduzido no início da década de 1980 por Lester Brown, fundador do Worldwatch Institute, que definiu comunidade sustentável como a que é capaz de satisfazer às próprias necessidades sem reduzir as oportunidades das gerações futuras.”(CAPRA in TRIGUEIRO, 2005).

4.1 Lama Bentonítica

A lama bentonítica em termos de utilização possui características técnicas muito significativas. Entretanto apresenta algumas restrições no que se refere a riscos biológicos e sua destinação final. Seguem alguns laudos disponíveis sobre a lama bentonítica.

4.1.1 Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (Bentonit, 2003)

A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ - (Bentonit, 2003) apresentada no Anexo L, possui algumas seções, sendo enfatizadas neste estudo as seguintes:

Seção 2: Composição e informação sobre os ingredientes

- Substância: Bentonita Sódica Ativada
- Nome químico: Silicato de Alumínio e Magnésio Hidratado
- Sinônimo: Bentonita; Esmectita; Montmorilonita

- Ingredientes que contribuam para o perigo: Sílica Cristalina (quartzo, 1408-60-7), presente em até 2% peso. Trata-se de ocorrência natural que não pode ser removida do produto. Veja seção 11 para informações adicionais.
- Preparo: Produto mineral natural, modificado com sal sódico, seco e moído.

Seção 3: Identificação de Perigos

- Saúde: - Por ser um produto em pó, pode gerar problemas respiratórios por exposição prolongada. Veja detalhes na seção 11.
- Aspectos emergenciais: Não apresenta nenhum risco em condições normais de utilização. Esse produto em contato com água gera gel viscoso; deve-se tomar as devidas precauções para se evitar ambiente escorregadio com possibilidades de queda.

Efeitos potenciais à saúde:

- **Potencial Carcinogênico:** Por ser uma Sílica Cristalina é classificada como carcinogênica. Pode provocar silicose; Órgão Vulnerável: Pulmões
- **Nos Olhos:** Pode causar leve irritação nos olhos. Deve-se evitar contato direto.
- **Na Pele:** Ainda desconhecido.

Seção 4: Medidas de Primeiros-Socorros

- Pele: Lavar com água e sabão
- Olhos: Lavar o local por esguicho com água potável durante 15 minutos. Se persistirem irritação ou dor, procure ajuda médica.
- Inalação: Remova a pessoa afetada para ambiente de ar fresco. Procure ajuda médica se persistirem dificuldades respiratórias, irritação ou dor.
- Ingestão: Pode ocasionar bloqueio intestinal. Se uma grande quantidade do produto foi ingerida, procure ajuda médica.
- Informações para médicos: Detalhes toxicológicos na seção 11.

Seção 7: Medidas de Combate a Incêndio

- Manuseio: É necessário ventilação adequada em áreas de manuseio do produto. Utilize sistema de exaustão com filtro de mangas ou cortina de água para evitar contaminação ambiental.
- Estocagem: estocar em ambiente fechado e seco.

Seção 8: Controle de Exposição e Proteção Individual

- Controle Mecânico: Providencie ventilação adequada (local ou geral) afim de se evitar ambiente com poeira acima dos níveis ocupacionais.
- Equipamentos de Proteção Individual:
 - Olhos: Use óculos de segurança contra poeira.
 - Respiratório: Em ambiente saturado, use máscara contra poeira.

Seção 11: Informações Toxicológicas

Exposição prolongada com Sílica Cristalina (contato longo sem nenhuma proteção) pode causar doenças pulmonares. Problemas de saúde causados por Sílica Cristalina só ocorrem por inalação.

- Efeitos por Inalação: Sílica Cristalina pode causar silicose e câncer pulmonar. Sílica Cristalina somente provoca essas doenças se inalada durante longa exposição de forma continuada e sem nenhuma proteção.
- Contato com a Pele: Em função da capacidade de absorção da água contida na derme pela função adstringente da bentonita, um contato prolongado pode causar secura e irritação na pele.
- Contato com os olhos: Como em qualquer outro tipo de poeira, o contato com o pó da bentonita poderá causar irritação nos olhos em função da ação de atrito sobre a córnea.
- Atenção médica: Distúrbios respiratórios.

Seção 12: Informações Ecológicas

- Impacto Ambiental: Por ser um produto coloidal e plastificante, pode provocar diminuição da permeabilidade do solo.

Seção 13: Considerações sobre Tratamento e Disposição

Produto inerte (Classe 2B): Consulte o órgão de meio ambiente local para descarte. (Bentonit, 2003).

Essa informação se aplica tão somente ao produto no seu estado de fornecimento. Processamento posterior e/ou contaminações, poderão alterar significativamente as características do material a ser descartado.

Em obras de engenharia, pode causar este impacto ambiental (conforme seção 12), pelas características citadas e também contaminação do lençol freático e em análise da parte técnica, deixa resíduo quando em contato com o concreto.

4.1.2 Laudo da Operator

O laudo da Operator (2007), apresenta resultados de ensaios analíticos, lixiviação e solubilização em lama bentonítica após utilização (misturada com solo). De acordo com o laudo, a lama após utilização apresentou características de um material classificado como Resíduo “Classe II B” – Inerte, devendo ser acondicionada e identificada adequadamente e destinada para co-processamento, reaproveitamento, reciclagem ou disposição em aterro para resíduos “Classe II”.

4.1.3 Conclusão sobre a utilização

Pela análise do primeiro laudo, os principais problemas da lama bentonítica são dois, o primeiro com relação a saúde, em razão da presença de sílica que pode causar a doença silicose no pulmão, e o segundo com relação ao meio ambiente por tender a impermeabilizar o solo. Esta sua característica pode eventualmente causar até a mudança do curso d'água, e dependendo da quantidade despejada, pode tornar o solo improdutivo para agricultura. De acordo com o segundo laudo, a lama bentonítica quando misturada com o solo é classificada como Resíduo Classe II B.

4.2 Polímero Sintético G3

4.2.1. Informação para Segurança e Higiene no Trabalho (GEO, 2008)

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E FABRICANTE

Nome do produto: PolyMud®

Fabricante: GEO-Ground Engineering Operations Lda.

2. COMPOSIÇÃO DO PRODUTO

Identificação do Produto: Polímero aniônico solúvel em água, composto de carbono e hidrogênio (matéria orgânica)

Regulamentos da OSHA: Este produto não é considerado perigoso de acordo com a OSHA Federal Regulation 29, CFR 1910.1200

3. RISCOS DO PRODUTO

Aviso: Soluções aquosas ou o granulado exposto a umidade ou água tornam as superfícies extremamente escorregadias.

4. PRIMEIROS SOCORROS

Inalação: Mover o acidentado para local arejado

Contacto com a pele: Lavar com sabão e água como precaução. No caso de a irritação persistir, consulte um médico.

Contacto com os olhos: Lavar abundante e cuidadosamente com água.

Em caso de persistência de irritação consulte um médico.

Ingestão: Este produto não é considerado tóxico com base em estudos feitos em animais de laboratório.

5. MEDIDAS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

Meios de extinção: Água, água em spray, espumas, dióxido de carbono (CO₂), pó seco.

Precauções: Soluções aquosas ou o granulado exposto a umidade ou água tornam as superfícies extremamente escorregadias.

Equipamento de protecção : Não requer equipamento específico

Data de Revisão: 04/05

6. DERRAME ACIDENTAL

Precauções pessoais: Não requer precauções especiais.

Precauções ambientais: Não contaminante.

Métodos de limpeza: Não lavar, varrer ou aspirar. Manter resíduos em contentor apropriado e fechado para eliminação. Lavar resíduos com água sob pressão.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Manuseio: Evitar contacto com pele e olhos. Evitar formação de poeiras. Não inalar eventuais poeiras. Lavar mãos nos intervalos do trabalho e fim de turnos.

Armazenamento: Guardar em local arejado e fresco (0-35° C)

8. EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO PESSOAL

Equipamento de proteção pessoal

Proteção respiratória: Máscaras de segurança são necessárias quando a concentração total de pó for superior a 10mg/m³.

Proteção para as mãos: Luvas de borracha.

Proteção para os olhos: Óculos de segurança com proteção lateral.

Não usar lentes de contacto.

Proteção para a pele: Não é necessária qualquer proteção especial.

Medidas de higiene: Lavar as mãos nos intervalos e final do turno de trabalho.

Manusear de acordo com as normas de segurança e higiene.

9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Forma: Granulado sólido

Cor: Branco/Bege

Odor: nenhum

pH: 4-9 @ 5g/l

10. REAÇÃO E ESTABILIDADE

Estabilidade: O produto é estável e não contaminante

Situações a evitar: Agentes oxidantes podem causar reações exotérmicas.

Produtos de decomposição perigosa: Decomposição térmica poderá produzir Óxidos de Nitrogénio (NO_x), e Óxidos de Carbono.

11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

Toxicidade aguda

Oral: LD50/oral/rat > 5000mg/kg

Inalação: O produto não é tóxico por inalação.

Irritação:

Pele: Os resultados de testes em cobaias mostraram que este material não produz irritação cutânea.

Olhos: Os testes realizados de acordo com o método de Draize demonstram que o material não produz efeitos adversos na córnea ou íris.

Somente ligeiros efeitos conjuntivais passageiros, semelhantes aos que todos os materiais granulares criam.

Sensibilidade: Os resultados de testes efetuados em cobaias demonstraram que este material não provoca efeitos secundários.

Toxicidade crónica: Um estudo de dois anos efetuado em ratos e cães não revelou efeitos adversos para a saúde.

12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Persistência/Degradabilidade: Biodegradável; não prontamente.

13. ELIMINAÇÃO DO PRODUTO

Eliminação residual

Produtos não usados: De acordo com leis da União Europeia e locais.

Embalagens contaminadas: Passar embalagens vazias por água e utilizar a mesma em soluções para novas misturas. Pode ser disposta em aterros ou incinerada, quando respeitando leis do ambiente locais.

14. TRANSPORTE

Departamento de transportes: Este produto não está regulamentado pelo

Departamento de Transportes

Segundo o fabricante o polímero é uma poliacrilamida aniônica e não é potencialmente susceptíveis à bio-acumulação por serem completamente solúveis em água (a solubilidade só é limitada pela viscosidade) e insolubilidade em octanol.

Adicionalmente são absorvidas pelo material suspenso, sendo desta forma removidas do meio aquático.

A sensibilidade das poliacrilamidas à radiação ultra-violeta é bastante conhecida e foi já descrita em ensaios científicos. A fotólise causa a degradação da cadeia de polímero e conseqüente formação de moléculas bastante menores, ou oligómeros, que são sensíveis a ataques de bactérias e micróbios.

Estudos recentes pelo fabricante demonstraram que a fotólise seguida de tratamento aeróbio ou anaeróbio resulta na eficiente mineralização do polímero. Este estudo fornece provas de que os polímeros acrilamidos têm a propriedade de se biodegradarem sem acumulação no meio ambiente.

Dois ensaios recentes sobre riscos ambientais em larga escala concluíram que poliacrilamidas aniônicas não representam risco para o meio ambiente, são os laudos da Operator e o mais completo da CEDEX (2009).

4.2.2. Laudos da Operator (2008 e 2009)

Dois laudos do polímero após utilização (misturado com solo) foram preparados pela Operator Meio Ambiente. O laudo da Operator (2009) classifica o polímero após utilização (misturado com solo) como Classe IIB - Resíduo inerte. O laudo da Operator (2008), por sua vez, classifica o polímero após utilização (misturado com solo) como Classe IIA - Resíduo não-inerte. Este último laudo detectou dois metais em seu material solubilizado, Alumínio e Ferro, que segundo a Operator (2009a) provavelmente são características do solo que influenciaram a avaliação da amostra. Vale destacar que o material ensaiado é o material escavado, ou seja, produto mais o solo e não sofreu tratamento algum para descarte.

De acordo com ambos os laudos, o local adequado para descarte do material escavado é em aterro para resíduo classe II.

4.2.3. Laudo da CEDEX (2009)

O laudo apresentado neste estudo é o que foi executado na Espanha em outubro/2009. Esse laudo mostra que a água residual procedente do lodo do polímero atende aos limites para descarte nos sistemas públicos de esgoto, de todas as cidades espanholas mencionadas no laudo. Cabe chamar a atenção para o fato de que nenhum estudo semelhante foi ainda feito no Brasil.

4.2.4 Conclusão sobre a utilização

Como visto no primeiro laudo, o polímero é um produto biodegradável, porém não prontamente.

De acordo com os laudos da Operator, o polímero quando misturado com o solo, em duas situações diferentes, foi classificado como Resíduo Classe II A e II B.. Esses laudos indicam a necessidade do polímero+solo, ser descartado em aterro para resíduos “classe II”, como no caso da lama bentonítica.

O laudo da CEDEX (2009), por vez, mostra que se o fluido de polímero que não será mais utilizado, for adequadamente tratado com hidróxido de sódio, pode ser descartado como água residual em redes de esgoto. O termo água residual é utilizado devido aos resíduos de partículas de solo que se encontravam previamente em suspensão.

5 ESTUDO DE CASOS

Apresentam-se a seguir dois casos de obra, um no Guarujá e outro em Santos, com utilização de polímero e um com utilização de lama bentonítica, em Santos, que puderam ser acompanhados pela autora deste trabalho.

5.1 Obra no Guarujá – SP

Nesta obra ocorreu a experiência pioneira no Brasil de utilização de Polímero Sintético na execução de Estacas Escavadas. Esta obra teve início em 13/11/2007 e foi executada no Guarujá, litoral do Estado de São Paulo. De acordo com as sondagens do local (Anexo B), no terreno há a ocorrência de um solo arenoso, sobrejacente a uma camada de argila marinha seguida de rocha. O nível d'água no local se encontra na profundidade média de 3,50 metros.

A obra foi executada pela RT Construtora e Empreendimentos Imobiliários Ltda, sendo o fornecedor do polímero a empresa GEO – Ground Engineering Operations e o executor das fundações a BRASFOND Fundações Especiais S/A.

a) Elementos da Central Típica de polímeros localizada na obra

A central de polímeros na obra (Fotografia 1) é composta por:

- Tanque de Mistura
 - Ar comprimido
 - Bomba de diafragma ou de pistão
- Tanque de armazenagem
- Tanque de sedimentação
- Tanque de água



Fotografia 1 - Central típica de polímeros
Fonte: Elaborado pela autora (2007)

b) Procedimento da mistura de polímero

A mistura do Polímero foi executada no próprio local da obra, como segue e conforme Fotografia 2:

- Enchimento do tanque de mistura com água;
- Adição de Hidróxido de Sódio para ajustar o pH do fluído;
- Agitação feita por ar comprimido;
- Adição do Polímero lentamente ao fluxo de água dirigido à boca da escavação;
- Controle dos parâmetros com o amostrador.



Fotografia 2 - Tanque de mistura
Fonte: Elaborado pela autora (2007)

c) Equipamentos utilizados

Para este tipo de obra existem equipamentos diversos compatíveis, e nesta obra específica foram utilizados os seguintes equipamentos: Guindaste 38B Bucyrus Erie com mesa rotativa e Guindaste de “apoio” 22B Bucyrus Erie.



Fotografia 3 - Guindaste 38B
Fonte: Elaborado pela autora (2007)



Fotografia 4 – Guindaste 22B
Fonte: Elaborado pela autora (2007)

d) Acompanhamento da execução de uma estaca

O diâmetro da estaca foi de 90cm e a profundidade escavada foi de 35,10m com o auxílio do polímero, como se pode observar nas fotografias 5 e 6.



Fotografia 5 - Escavação com auxílio de polímero junto ao furo
Fonte: Elaborado pela autora (2007)



Fotografia 6 - Equipamento de escavação retirando o material escavado
Fonte: elaborado pela autora (2007)

e) Resultados de ensaios no polímero

Foram determinados os parâmetros do polímero no início e no final da perfuração da estaca, estando os resultados obtidos apresentados na Tabela 3 comparados aos intervalos dos valores a 20°C, recomendados pelo fabricante.

Tabela 3 – Índices iniciais e índices finais do polímero na execução da estaca

ITEM	ÍNDICES INICIAIS	ÍNDICES FINAIS	Intervalos dos valores a 20°C
Viscosidade	65 seg	70 seg	50 a 70 seg
Densidade	1,00g/cm ³	1,12g/cm ³	1,03 a 1,12g/cm ³
pH	11	11,5	7 a 12
Aditivo	Nenhum	10 litros de água para 0,5 litro de Co-Polímero A Bomba de Co-Polímero A	
Areia	Não tem	0,25%	

Fonte: Brasfond – Elaborado pela autora (2007)



Fotografia 7 - Visão aérea da obra: Central de polímeros e Guindaste 38B em operação

Fonte: Elaborado pela autora (2007)

a. Armação das estacas

Após perfuração e estabilização dos furos, executou-se a armação das estacas.

As armaduras foram executadas de acordo com o projeto, levando em conta as dimensões dos painéis, dos "tubos junta" ou "chapas junta" e das folgas necessárias.

b. Descarte do material escavado:

O resíduo de escavação do material foi descartado em um aterro sanitário que recebe material classe II.

O que sobrou de polímero na central, por sua vez, foi tratado com hipoclorito de cálcio e descartado como água residual. (Brasfond, 2007)

c. Gráfico de produção

O gráfico da Figura 13, mostra a comparação entre a produção planejada e a realmente executada de estacas nessa obra.

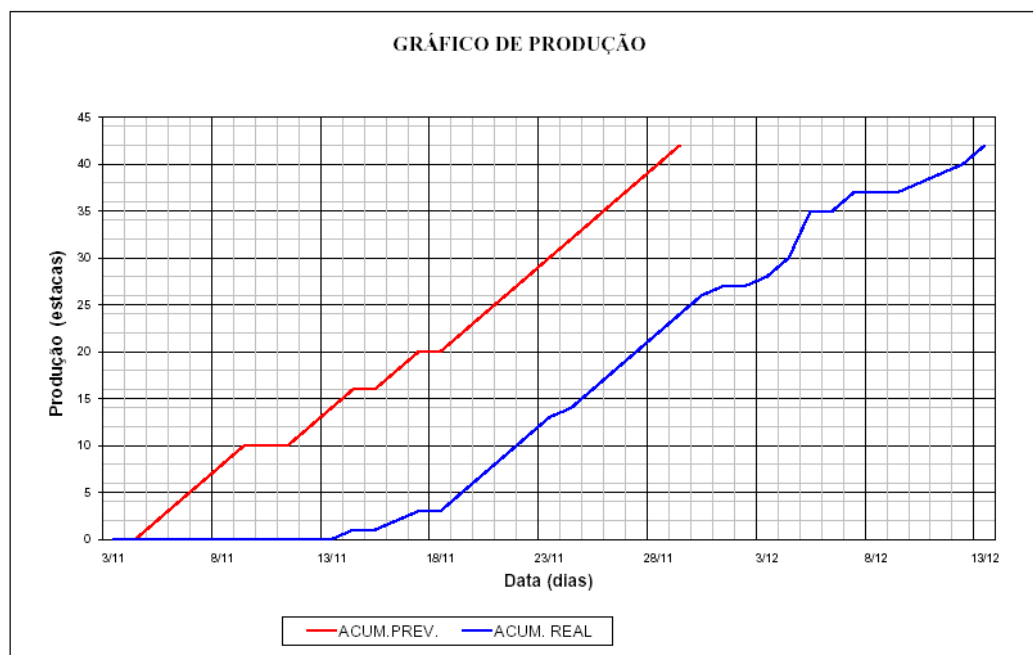


Figura 13 – Gráfico de produção (polímero) – obra: Guarujá-SP
Fonte: Brasfond (2007).

Esse gráfico de produção evidencia a produção eficiente da obra com o uso do Polímero Sintético. Mesmo com o atraso do início das escavações das estacas, verifica-se a proximidade do real executado com o previsto, note-se que as linhas estão paralelas. Maiores detalhes podem ser vistos no Anexo C.

5.2. Obra em Santos com utilização de polímero

Esta obra teve início em 22/04/2008 e foi executada em Santos, litoral do Estado de São Paulo. De acordo com as sondagens do local (Anexo D), no terreno há a ocorrência de um solo arenoso, sobrejacente a uma camada de argila marinha seguida de rocha, semelhante ao Guarujá. Neste caso de Santos a argila marinha apresenta uma espessura menor que da obra do Guarujá. O nível d'água se encontra na profundidade média de 3,24 metros.

A obra foi executada pela VÉRTICE Construções Cíveis Ltda, o fornecedor do polímero foi a GEO – Ground Engineering Operations e o executor das fundações a BRASFOND Fundações Especiais S/A.



Fotografia 8 – Execução de estacas com a Perfuratriz Mait HR 300
Fonte: Elaborado pela autora (2008)

Como mostra a tabela 4, foram executadas nesta obra 36 estacas:

Tabela 4 – Quantidades de estacas da obra de polímero em Santos-SP

Quantidades (un.)	Diâmetros (cm)	Profundidade das estacas (m)	Total (m)
2	90	45	90
2	110	51	102
22	120	52	1.144
5	130	53	265
5	140	53	265

Fonte: Elaborado pela autora (2008)

O procedimento executivo nesta obra foi bastante semelhante ao da obra do Guarujá.

a) Descarte do material escavado:

O procedimento para descarte tanto do resíduo de escavação quanto do que sobrou de polímero na central foi idêntico ao descrito para a obra do Guarujá. (fonte: Brasfond, 2007)

b) Gráfico de produção:

A Figura 14 mostra os gráficos de produção planejada e real.

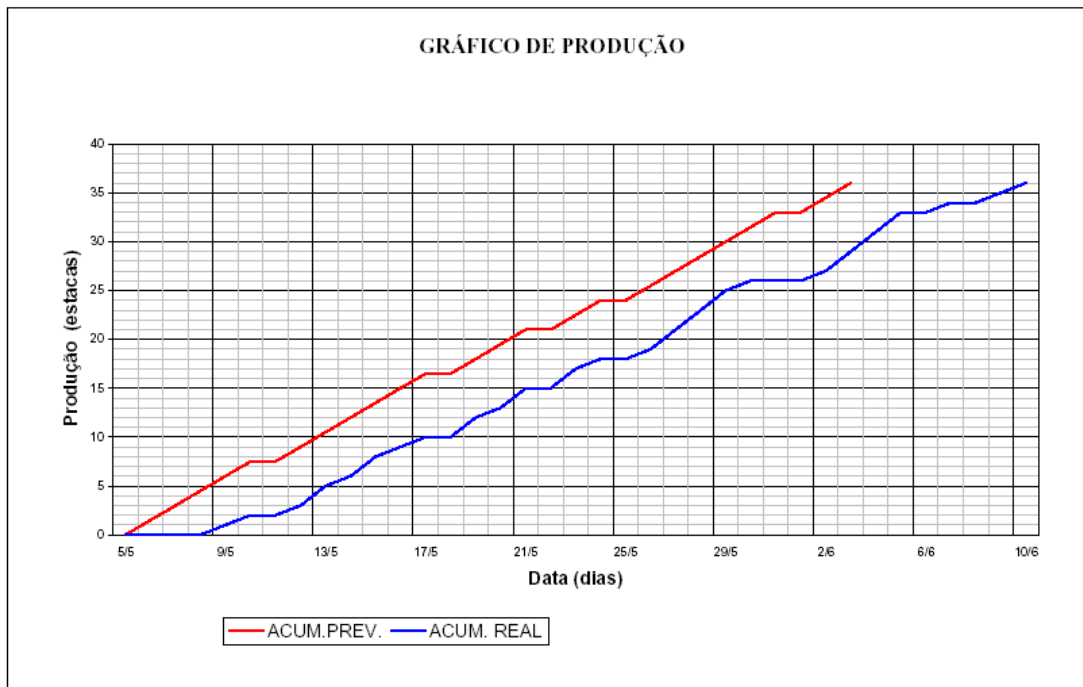


Figura 14 – Gráfico de produção (polímero) – obra: Santos-SP
Fonte: Brasfond (2008)

Verifica-se que as linhas estão paralelas e mesmo com dias de paralização, conforme Figura 14, não houve um atraso na previsão de entrega dos serviços. Maiores detalhes podem ser vistos no Anexo E.

5.3 Obra em Santos com utilização de lama bentonítica

A obra teve início em 10/09/2007 e foi executada em Santos, litoral do Estado de São Paulo. De acordo com as sondagens do local (Anexo F), no terreno há a ocorrência de um solo arenoso quase idêntico ao caso da obra em polímero de Santos citada anteriormente. O nível d'água se encontra na profundidade média de 1,60 metros.

A obra foi executada pela ANAMAR Empreendimentos Imobiliários Ltda, o fornecedor do polímero foi a GEO – Ground Engineering Operations e o executor das fundações a BRASFOND Fundações Especiais S/A.

Foram executadas 43 estacas de acordo com as quantidades no quadro a seguir:

Tabela 5 – Quantidades de estacas da obra de lama bentonítica em Santos-SP

Quantidades (un.)	Diâmetros (cm)	Profundidade Média (m)	Total (m)
16	80	48	768
06	90	48	240
11	100	48	520
04	110	48	192
06	120	48	288

Fonte: Brasfond (2007)

O procedimento executivo é idêntico ao descrito no capítulo 3 – item 3.1.4.

a) Descarte do material escavado e da lama bentonítica “inservível”:

O procedimento para descarte do resíduo de escavação foi idêntico ao descrito para as obras do Guarujá e de Santos com o emprego de polímero.

No caso da lama que sobrou nos silos, houve a necessidade de utilização de um local que aceita este material, que é um aterro industrial licenciado pela Prefeitura de Mauá. O custo foi superior ao bota-fora comum (aterro sanitário), conforme Tabela 10.

b) Gráfico de produção

O gráfico com a produção prevista e a produção real é mostrado na Figura 15.

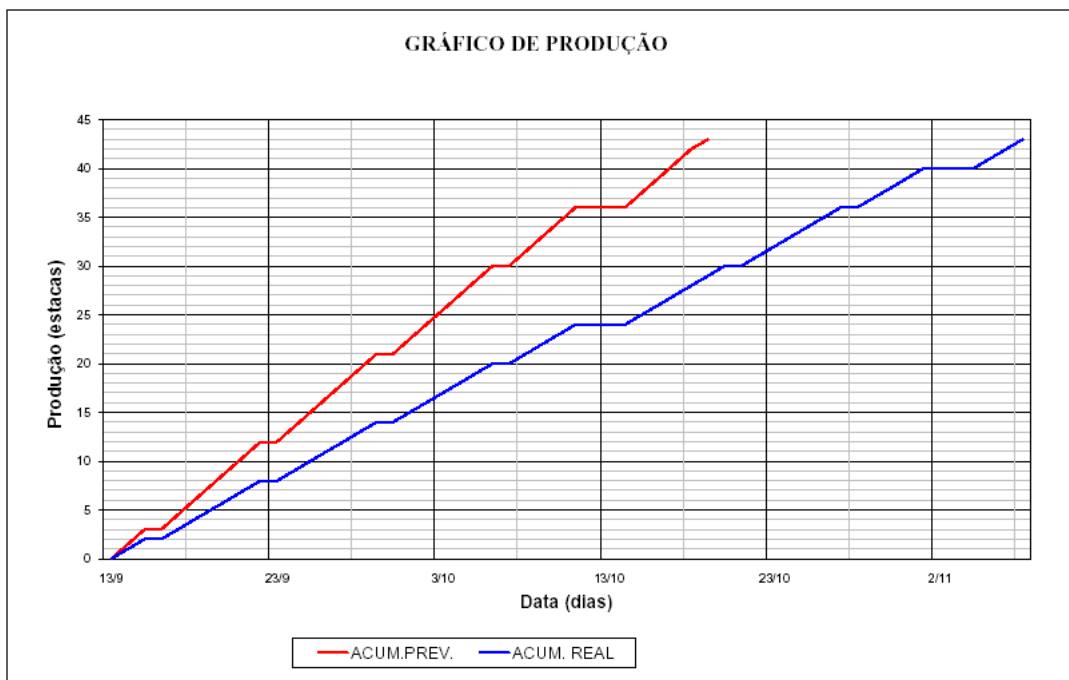


Figura 15 – Gráfico de produção (lama bentonítica) – obra: Santos-SP
Fonte: Brasfond (2007)

Verifica-se a diferença do previsto com o real executado, as linhas abrindo conforme a figura 15. Maiores detalhes podem ser vistos no Anexo G.

5.4. Comparações entre as três obras

Neste item apresentam-se uma série de comparações entre as três obras descritas acima.

a) Eficiência técnica dos produtos

Pôde-se observar nas três obras que do ponto de vista técnico ambas as alternativas foram eficientes.

b) Consumo de polímero / lama bentonítica

A tabela 6, a seguir, mostra o consumo de polímero nas obras do Guarujá e de Santos. Observa-se o comparativo de volume e consumo de cada item por quilo e índice gasto por metro cúbico.

Tabela 6 – Volumes e índices de consumo de polímeros sintéticos

Obra	Volume Real (m ³)	Polímero Sintético (kg)	Índice Gasto Polímero (kg/m ³)	Co-Polímero A (kg)	Índice Gasto Co-Polímero A (kg/m ³)	Co-Polímero B (kg)	Índice Gasto Co-Polímero B (kg/m ³)
Guarujá	1.738	950	0,55	48	0,03	0	0,00
Santos	2.288,5	1.225	0,54	50	0,02	140	0,06

Fonte: Elaborado pela autora (2009)

Nesse quadro observa-se um rendimento semelhante em ambos os casos da diluição do polímero em água.

O Co-Polímero C não foi mencionado na tabela porque em ambos os casos não houve necessidade em utilizá-lo.

A tabela 7 a seguir, mostra o consumo de lama bentonítica na obra de Santos.

Tabela 7 – Volume e índice de consumo de lama bentonítica

Obra	Volume Real (m ³)	Bentonita (kg)	Índice Gasto de Bentonita (kg/m ³)
Santos	1.631	17.500	10,72

Fonte: Elaborado pela autora (2009)

Pode-se observar um rendimento muito inferior na mistura da lama bentonítica em água, com relação ao polímero, sendo quase 20 vezes a mais que a

quantidade de polímero, exigindo maiores instalações para armazenamento no local da obra.

c) Produção diária de estacas

Na Tabela 8 compara-se a produção obtida nas três obras, verificando-se uma produção cerca de 50% maior para as obras em polímero.

Tabela 8 – Produção diária de estacas

Obra	Material	Produção de estacas (m/dia)
Guarujá	Polímero	48
Santos	Polímero	55
Santos	Lama Bentonítica	35

Fonte: Elaborado pela autora (2009)

d) Limpeza da obra

Pôde-se notar que o caso do polímero resulta uma obra mais limpa, mais seca, apesar de todo o processo de aprendizado da equipe na utilização desta nova tecnologia, conforme Fotografia 9 – obra de polímero do Guarujá e Fotografia 10 – obra de lama bentonítica.



Fotografia 9 – Obra de polímero do Guarujá

Fonte: Elaborado pela autora (2007)



Fotografia 10 – obra de lama bentonítica (site Brasfond)

Fonte: www.brasfond.com.br (2007)

e) Necessidade de desarenação

O polímero, ao contrário da lama bentonítica, não tem o processo de desarenação em seu tratamento para reaproveitamento, devido ao Copolímero A, que tem a função de decantação.

f) Custo de aquisição

A Tabela 9 compara o custo do m³ da bentonita e do polímero para as obras de Santos. Como se pode ver, o custo do polímero é cerca de 10 vezes o da bentonita.

Tabela 9 – Custo de aquisição

Obra	Material	Custo de aquisição (R\$ x m ³)
Santos	Lama Bentonítica	1,00
Santos	Polímero	11,00

Fonte: Elaborado pela autora

Vale, entretanto, observar que como visto, o consumo de bentonita é muito maior que o do polímero, sendo no final o polímero mais econômico que a bentonita.

g) Reaproveitamento/ Descarte

Ao final da obra o polímero pode ser tratado para reutilização. Entretanto, muitas vezes, isso deixa de ser interessante pelo custo do transporte. Assim, normalmente ele é descartado como água residual ao final de cada obra, após tratamento específico para tanto.

A lama não tem em geral opção de tratamento final, ocorrendo obrigatoriamente seu descarte em aterro autorizado para esse fim.

h) Custo de destinação do material escavado e dos fluídos

A tabela 10 mostra o custo da destinação dos resíduos de escavação. Nota-se que os custos de destinação do material escavado com lama bentonítica e do material escavado com polímero foram idênticos, pois ambos foram descartados em aterro sanitário. Já o custo de destinação do fluído da lama, que teve que ser transportado em caminhão limpa-fossa e descartado em aterro industrial autorizado pela Prefeitura foi 3 vezes superior. Por outro lado, o descarte do fluído do polímero não teve custo algum em razão de ter sido tratado.

Tabela 10 – Custo de destinação dos resíduos

Obra	Material	Custo de destinação do fluído (R\$ x m ³)	Custo de destinação do material escavado (R\$ x m ³)
Santos	Lama Bentonítica	90,00	30,00
Santos	Polímero	0,00	30,00

Fonte: Brasfond, 2009

6 CONCLUSÕES

É reconhecido que a lama bentonítica apresenta um desempenho técnico eficiente em sua aplicação em obras de fundações na construção civil. Entretanto, como a legislação ambiental tem sido cada vez mais restritiva e o custo do descarte da lama bentonítica cada mais elevado, nas últimas décadas tem se buscado novas alternativas técnicas para substituição da lama.

A Engenharia Civil, mais especificamente a área de Fundações Especiais, desde a década de 90, tentou substituir a lama bentonítica por polímeros e durante mais de 15 anos não se encontrou uma tecnologia que atendesse as especificações técnicas necessárias e fosse eficiente no sentido de não quebrar a cadeia química antes do término da escavação das estacas.

Neste trabalho foi descrita a tecnologia da Geração 3 de Polímero Sintético, recentemente testada, a qual vem apresentando resultados bastante promissores.

Pôde ser verificado por meio do estudo de três casos de obra na Baixada Santista, sendo um no Guarujá e dois em Santos, que esse produto apresenta uma eficiência técnica similar à da lama bentonítica e que o polímero é mesmo vantajoso em relação à lama em diversos aspectos.

Assim, visualmente foi observado que o polímero proporciona uma obra mais limpa e um canteiro mais prático e organizado, com menos equipamentos.

Em termos de custo de aplicação, o polímero mostrou-se mais barato, pois embora seu custo de aquisição por m³ seja bem maior, o seu consumo é muito menor que o da bentonita.

Foi ainda observada uma produção diária de estacas com utilização do polímero superior à produção diária com emprego da lama bentonítica. O processo de desarenação, ao contrário da lama bentonítica, não é necessário para o polímero, devido a aplicação do Co-polímero A.

A maior vantagem do polímero, entretanto, está no aspecto ambiental, que envolve o seu reaproveitamento e descarte. O polímero pode ser tratado ao final da obra para reutilização, mas muitas vezes, isso deixa de ser interessante pelo custo do transporte. Normalmente ele é descartado como água residual ao final de cada obra, após tratamento específico para tanto. A lama bentonítica não tem a opção de

tratamento, ocorrendo obrigatoriamente seu descarte em aterro autorizado para esse fim. O custo de descarte da lama inservível eleva comprovadamente o custo final da obra executada com esta opção, como foi visto no item de custo de destinação no capítulo 5.

Finalmente, conclui-se que os estudos sobre polímeros têm muitos aspectos ainda a serem pesquisados e desenvolvidos, pois, pelo fato de ser um elemento de aplicação recente na construção civil, existem lacunas tecnológicas. Particularmente no Brasil, é necessária a produção de laudos, especialmente do polímero tratado para descarte como água residual, comprovando o atendimento das normas brasileiras, o que ainda não existe. Além disso, é importante verificar o comportamento do polímero em solos diferentes daqueles tratados nesta dissertação.

Nos próximos anos, a utilização de Polímeros Sintéticos na construção civil será uma realidade e concorrerá significativamente na diminuição dos impactos ambientais, sobretudo em obras de fundações.

REFERÊNCIAS

- Annan, K. Secretário das Nações Unidas. Pronunciamento 1997, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA. Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos ABEF. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: PINI, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos Sólidos: classificação, NBR 10.004. Rio de Janeiro, 2004. 71p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos: classificação, NBR 10.005. Rio de Janeiro, 2004. 16p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos: classificação, NBR 10.006. Rio de Janeiro, 2004. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de resíduos sólidos: classificação, NBR 10.006. Rio de Janeiro, 2004. 21p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fundações Especiais: classificação, NBR 6122. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Armanejamento de resíduos classes II – não inertes e III - inertes: classificação, NBR 11174. Rio de Janeiro, 1990.
- Bazan, M.; Diuceni assistente do Dr. Bazan. Operator Meio Ambiente São Paulo, 15 dez. 2009a. Entrevista concedida a Carla Bonezi.
- Bentonit União Nordeste S/A. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ, Baseado nas orientações da norma ABNT – NBR 14725 de 07/01, 2003.
- Bentonit União Nordeste S/A. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ, atualização 2008 e 2009.
- BRASFOND Fundações Especiais. Catálogo técnico, São Paulo, 2007.
- Brasfond Fundações especiais S.A. Disponível em: <<http://www.brasfond.com.br>> . Acesso em: 12 nov. 2009.
- Calapodopulos, G; engenheiro químico, Universidade de Uberaba- UNIUBE, Uberaba, 20 nov. 2009. Entrevista concedida a Carla Bonezi.
- Capra in Trigueiro. Definição de Sustentabilidade, 2005.

- CEDEX Analisis Del água residual producida por El tratamiento de polímeros utilizados en cimentaciones especiales, 2009
- GEO, Informação para Segurança e Higiene no Trabalho, Madrid, Espanha, 2008 e 2009.
- Gopinath T.R., Schuster H.D., Schuckmann W.K Clay numeralogy and geochemistry of Continental bentonita and their geological implications Boa Vista, Campina Grande, Paraíba Rev. Bras. Geoc. V. 18 n.3,;pp. 345-352, 1998.
- Ground Engineering Operations - GEO - Especificações técnicas; 2007
- Hachich, W. C. et al. - FUNDAÇÕES – Teoria e Prática – ABMS/ABEF – 2 edição – PINI; 1989.
- Operator. Relatório de caracterização e classificação do resíduo denominado “Iodo de bentonita” OP 44533, São Paulo, 2007.
- Operator Relatório de caracterização e classificação do resíduo denominado “solo+Polímero (Polymud)” BA 5405/2008-1.0, São Paulo, 2008.
- Operator Relatório de caracterização e classificação do resíduo denominado “solo in situ + Polímero (Polymud)” BA 2874/2009-1.0, São Paulo, 2009.
- Rezende, M. M. Bentonita. DPNM/DF, 2009.
- Sahade, W. S. Estudo e utilização de suspensões argilosas tixotrópicas no processo de estabilização de taludes verticais de trincheiras profundas para a execução de paredes diafragmas. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Ed. PUC, 1973.
- Silva, R.F. Levantamento das possibilidades em bentonitas e atapulgitas no Estado de São Paulo IPT, Relatório nº.21.428, 1983, 85p.
- Teixeira Neto et al. Química. Nova - vol. 32 nº.3, São Paulo, 2009.
- UNESP - Disponível em:
<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html> . Acesso em 13 nov. 2009.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Caldeso, A. L. Geologia da Jazida de argila de Boa Vista. Sudene (DRN); Série especial nº 2, 1965, 18 p.
- Dantas J.R.A.; Freitas V.P.M.; Gopinath T.R.; Feitosa R.N. Depósitos de bentonita de Boa Vista da Paraíba DNPM. Principais Depósitos Minerais do Nordeste Oriental. Série Geológico 24, Seção Geol. Econômica 4; p.57-62, 1984.
- Datamine Mining Software - Reference Manual England. Ed. 3.5., 1998, 805 p.
- Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) Perfil Analítico da Bentonita, boletim número 4, 1973, 35 p.
- DeTomi,G.; Takahashi,G.H.; Chausson,D.S, Senhorinho Editores. Anais do VI, 1998.
- Ennes, E.R & Santos, J.S.A. Projeto Picuí, Relatório Final. Recife, CNEN/CPRM, 1975.
- Gopinath T.R., Schuster H.D., Schuckmann W.K. Modelo de Ocorrência e genese da argila Bentonítica de Boa Vista, Campina Grande, Paraíba, Revista Brasileira de Geociências 11(3): pp. 185-192, 1981.
- Gopinath T.R., Schuster H.D., Schuckmann W.K. Modelo de ocorrência e gênese da argila bentonítica de Boa Vista, Campina Grande, Paraíba. Revista Brasileira de Geociências, v. 11, n. 3, pp. 185-192, 1981.
- Gopinath, T.R., Schuster, H. D.; Vasconcelos., E. Feitosa. Análise ambiental dos arenitas, associados com bentonita de Boa Vista, Paraíba In Simp. Geol. Nordeste, 9 Natal 1979 Atas...SBG V. 7 pp. 215 – 218, 1979.
- GOTO, R. ; TIVELLI, S.W. (Org.). Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo: Ed. UNESP, 1998.
- Oliveira. M. L. de. Economista e Geólogo – publicação DNPM/SEDE, 2004.
- Pinto C.G & Pimental E. Consideração geo-econômicas sobre os depósitos argilosos de Boa Vista, PB Recife DNPM 20 p. (Relatório técnico), 1968.
- Silva C.M.M. Estudo de Alternativas de Reabilitação para as Áreas Degradadas pelas Minerações de Argilas Bentoníticas de Boa Vista, Campina Grande/PB. São Paulo, Dissertação de mestrado. 1995, 129 p.
- Workshop Datamine no Brasil. Datamine Latin America , N. Belo Horizonte, MG.
- Scientific Electronic Library Online – SCIELO. Consulta geral a homepage oficial disponível em: www.scielo.br/scielo.php. Acesso em 16 set. 2009

ANEXOS

- Anexo A – Requisitos Legais
- Anexo B – Sondagens do Guarujá - RT
- Anexo C – Gráfico de produção do Guarujá - RT
- Anexo D – Sondagens de Santos – Vértice
- Anexo E – Gráfico de produção de Santos – Vértice
- Anexo F – Sondagens de Santos – Anamar
- Anexo G – Gráfico de produção de Santos – Anamar
- Anexo H – Laudo CEDEX
- Anexo I – Laudo Operator (2007) – Lama Bentonítica
- Anexo J – Laudo Operator (2008) – Polímero
- Anexo K – Laudo Operator (2009) – Polímero
- Anexo L – Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos – Bentonit
- Anexo M – Informação Ambiental – GEO

Anexo A – Requisitos Legais

Fonte: www.gestaolegal.com.br, acessado em 15 de fevereiro de 2008.

Tipo	Colegiado	Número	Data	DO	Ementa	Alteração
Lei		6938	31/08/1981	02/09/19981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.	1 - Alterada pela Lei Nº 7804, de 18/07/1989; Lei Nº 8028, de 12/04/1990; Lei Nº 9960, de 28/01/2000; Lei Nº 9966, de 28/04/2000; Lei Nº 9985, de 18/07/2000; Lei Nº 10165, de 27/12/2000; Lei Nº 11284, 02/03/2006. 2 - Regulamentada pelo Decreto Nº 99274, de 06/06/1990; Decreto Nº 4297, de 10/07/2002; Decreto Nº 5975, de 30/11/2006.
Lei		6803	02/07/1980	03/07/1980	Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Constituição Federal	1 - Alterada pela Lei Nº 7804, de 18/07/1989.
Lei		7347	24/07/1985	25/07/1985	Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências.	1 - Alterada pela Lei Nº 8078 de 11/09/1990; Lei Nº8884 de 11/06/1994; Lei Nº 9494 de 10/09/1997; Lei Nº 10257 de 10/07/2001; MPV Nº 2180-35, de 24/08/2001; Lei Nº 11448, de 15/01/2007. 2 - Decreto Nº 1306 de 09/11/1994: Regulamenta o Fundo de Defesa dos Direitos Difusos (artigos 13 e 20).
Constituição Federal			05/10/1988		Constituição da República Federativa do Brasil.	1- Alterada pelas Ementas Constitucionais nº 56, de 20.12.2007 ; nº 55, de 20.9.2007 ; nº 54, de 20.9.2007 ; nº 53, de 19.12.2006 ; nº 52, de 8.3.2006 ; nº 51, de 14.2.2006 ; nº 50, de 14.2.2006 ; nº 49, de 8.2.2006 ; nº 48, de 10.8.2005 ; nº 47, de 5.7.2005 ; nº 46, de 5.5.2005 ; nº 45, de 8.12.2004 ; nº 44, de 30.6.2004 ; nº 43, de 15.4.2004 ; nº 42, de 19.12.2003 ; nº 41, de 19.12.2003 ; nº 40, de 29.5.2003 ; nº 39, de 19.12.2002 ; nº 38, de 12.6.2002 ; nº 37, de 12.6.2002 ; nº 36, de 28.5.2002 ; nº 35, de 20.12.2001; nº 34, de 13.12.2001 ; nº 33, de 11.12.2001 ; nº 32, de 11.9.2001 ; nº 31, de

						14.12.2000 ; nº 30, de 13.9.2000 ; nº 29, de 13.9.2000 ; nº 28, de 25.5.2000 ; nº 27, de 21.3.2000 ; nº 26, de 14.2.2000 ; nº 25, de 14.2.2000 ; nº 24, 9.12.1999 ; nº 23, de 2.09.1999 ; nº 22, de 18.03.1999 ; nº 21, de 18.03.1999 ; nº 20, de 15.12.1998 ; nº 19, de 04.06.1998 ; nº 18, de 05.02.1998 ; nº 17, de 22.11.1997 ; nº 16, de 04.06.1997 ; nº 15, de 12.09.1996 ; nº 14, de 12.09.1996 ; nº 13, de 21.08.1996 ; nº 12, de 15.08.1996 ; nº 11, de 30.04.1996 ; nº 10, de 04.03.1996 ; nº 9, de 09.11.1995 ; nº 8, de 15.08.1995 ; 7, de 15.08.1995 ; nº 6, de 15.08.1995 ; nº 5, de 15.08.1995 ; nº 4, de 14.09.1993 ; nº 3, de 17.03.1993 ; nº 2, de 25.08.1992 ; nº 1, de 31.03.1992.
Resolução	CONAMA	1	23/01/1986	17/02/1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.	1 - Alterada pela Resolução CONAMA Nº 11, de 18/03/1986. 2 - Revogada parcialmente pela Resolução CONAMA Nº 237, de 19/12/1997 (artigos 3º e 7º).
Lei		9605	12/02/1998	13/12/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	Alterada pela Lei Nº 9985, de 18/07/2000; Medida Provisória Nº 2163-41, de 23/08/2001; Medida Provisória Nº 62, de 23/08/2002; Lei Nº 11284, de 02/03/06.
Decreto		97632	10/04/1989	12/04/1989	Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, Inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, e dá outras providências.	
Resolução	CONAMA	237	19/12/1997	22/12/1997	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.	1 - Revoga os artigos 3º e 7º da Resolução CONAMA 01, de 23/01/1986.
Lei		9985	18/07/2000	19/07/2000	Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.	1 - Revoga os artigos 5º e 6º da Lei Nº 4771, de 15 de setembro de 1965; o artigo 5º da Lei Nº 5197, de 3 de janeiro de 1967; e o artigo 18 da Lei Nº 6938, de 31 de agosto de 1981. 2 - Regulamentada pelos Decretos Nº 4340, de

						22/08/2002 (regulamenta os artigos 15, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 36, 41, 42, 47, 48 e 55) e N° 5746, de 05/04/2006. 3 - Alterada pelas Leis N°11132, de 04/07/2005 ; N°11460 de 21/03/2007 e N° 11.516 de 28/08/2007.
Portaria	M.T.E	3214	08/06/1978		Aprova as Normas Regulamentadoras - NR -do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.	

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)