

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o potencial de utilização de lodo de ETA na produção de mudas cultivadas em viveiros florestais, foram realizados traços alterando os percentuais de lodo de ETA na composição do substrato. Atualmente o viveiro florestal, onde este experimento foi realizado, utiliza o lodo de ETE, como substrato adicionado a um solo comercial argiloso. Abreu (2014) comprovou que o lodo de ETE pode ser utilizado em substituição ao adubo comercial, para compor o substrato na produção de mudas de espécies da Mata Atlântica. Sendo assim, o potencial de incorporação do lodo de ETE não será o objetivo da avaliação deste estudo, assim como o solo comercial utilizado.

O primeiro traço, traço testemunho (T1), corresponde àquele que atualmente é utilizado no viveiro, composto de 50% de solo comercial e 50% lodo de ETE. Os traços seguintes, já não utilizam o solo, visto que um dos objetivos a serem analisados é a diminuição de extração de recursos naturais, substituindo o solo comercial pelo lodo de ETA. Os demais traços correspondem as seguintes composições: T2 com 100% de lodo de ETA, T3 com 75% de lodo de ETA e 25% de lodo de ETE, T4 com 50% de lodo de ETA e 50% lodo de ETE, T5 com 25% de lodo de ETA e 75% lodo de ETE e T6 com 100% lodo de ETE. Uma amostra de cada traço foi coletada para serem analisadas as propriedades físicas como: teor de umidade e granulometria.

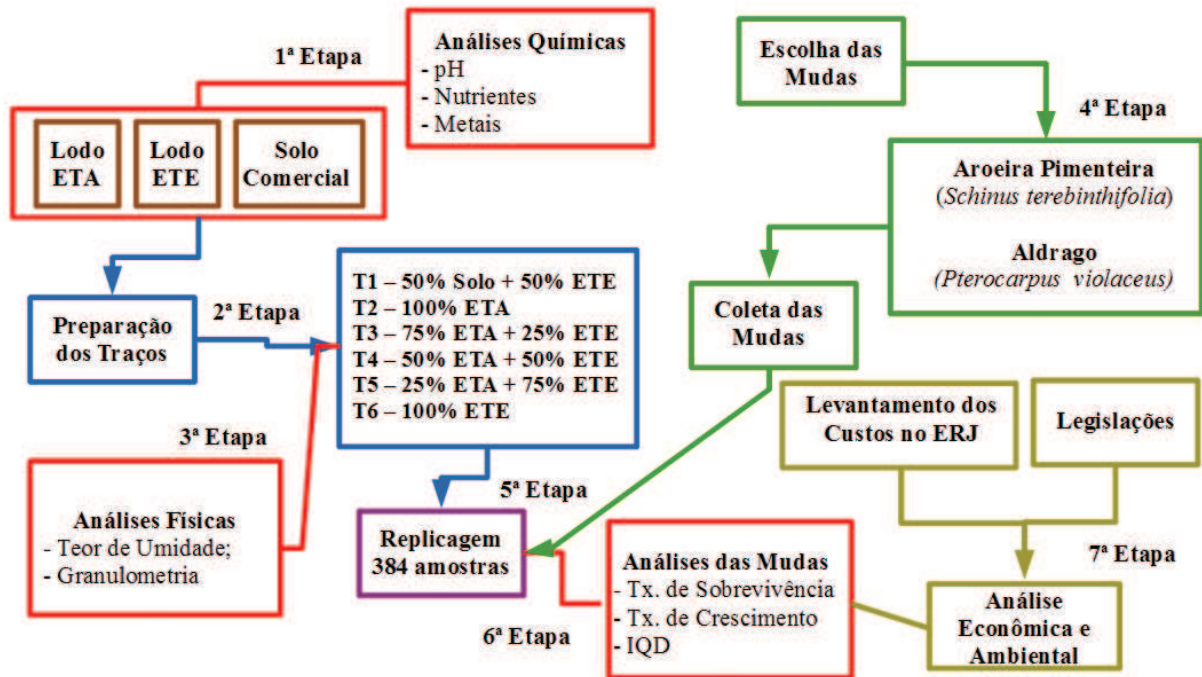
Para cada traço foram realizadas 4 repetições com 8 amostras de cada espécie, dando um total de 384 amostras. As espécies utilizadas no experimento foram a *Schinus terebinthifolia* e o *Pterocarpus violaceus*, conhecidos popularmente como Aroeira Pimenteira e Aldrago, respectivamente. Uma amostra de cada material que compõe o substrato (lodo de ETA, lodo de ETE e solo) foi coletada e encaminhada para análise das propriedades químicas como: pH, nutrientes e metais.

As mudas foram analisadas periodicamente, sendo verificada a taxa de sobrevivência, altura das mudas e diâmetro do coleto. Ao final foram pesadas as raízes e a parte aérea das mudas para cálculo do Índice de Qualidade de Dickson (IQD). O experimento ocorreu de junho a dezembro de 2017 com 6 medições totais, com diferença de 21 dias entre elas.

Com base nos resultados e no valor comercial praticado no ERJ foi calculado o custo evitado em relação ao o custo de compra do solo comercial, à destinação do lodo de ETA para aterro sanitário e os benefícios ambientais da incorporação do lodo de ETA no substrato utilizado para produção de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica. Também foi

verificado o cumprimento das legislações vigentes. A Figura 19 apresenta o esquema geral do experimento.

Figura 19 - Esquema geral do experimento



Fonte: O autor, 2018.

Legenda:

- - Substratos utilizados no experimento
- - Análises realizadas no experimento
- ➔ - Preparação dos Traços
- ➔ - Escolha e Coleta das Mudas
- ➔ - Replicagem das mudas
- ➔ - Benefícios Econômicos e Ambientais

3.1 Caracterização dos Insumos e da Área em Estudo

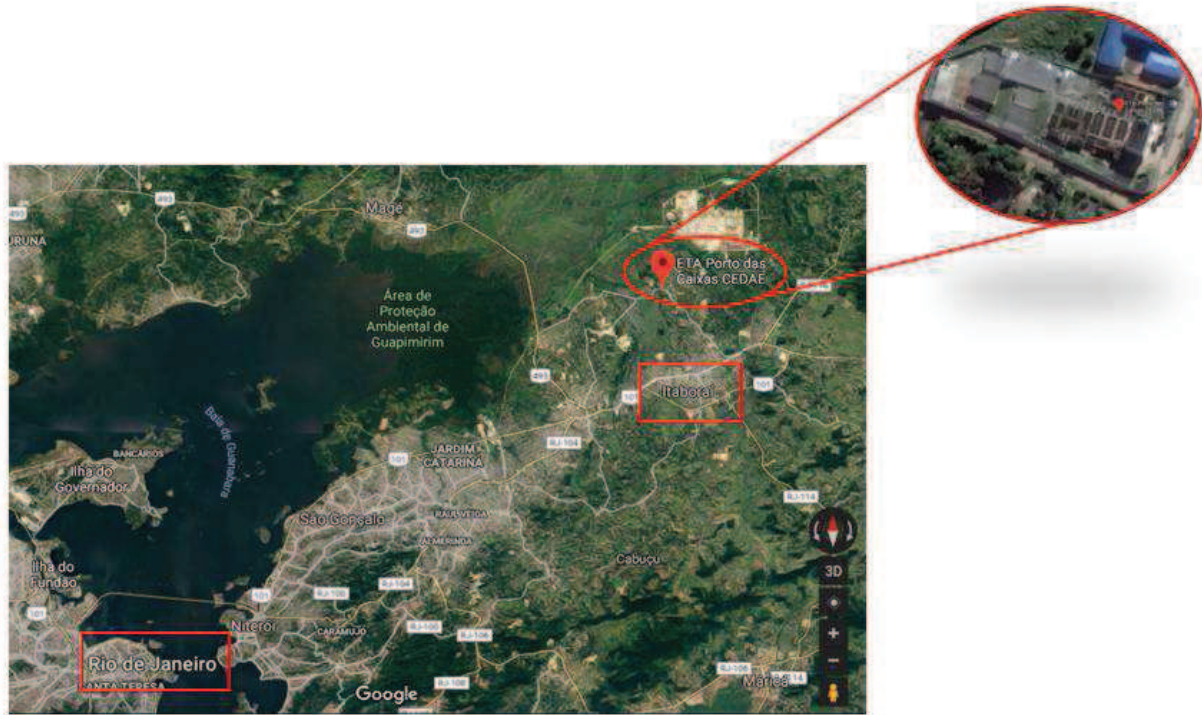
Conforme já mencionado anteriormente, o trabalho se baseou na produção de substrato composto por lodo de ETA e lodo de ETE, além do solo comercial, para produção de mudas de espécies da Mata Atlântica. Dessa forma, neste item serão abordados os aspectos gerais da ETA e da ETE que geraram o lodo usado neste estudo. Ainda, serão abordados aspectos gerais do viveiro florestal operado pela CEDAE e das espécies adotadas.

Caracterização da Estação de Tratamento de Água

O lodo utilizado no experimento é oriundo da ETA Porto das Caixas, operada pela CEDAE, localizada no município de Itaboraí. Conforme pode ser observado da Figura 20, o

município de Itaboraí faz parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, uma das principais metrópoles brasileiras e inserida na região sudeste do país.

Figura 20 - Localização da ETA Porto das Caixas no município de Itaboraí, Região Metropolitana do Rio de Janeiro



Fonte: GOOGLE, 2018.

A ETA Porto das Caixas é do tipo convencional e abastece a localidade de Porto das Caixas, parte de Itaboraí e o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ). A água bruta é captada no Canal de Imunana, formado pelos Rios Macacu e Rio Guapiaçu. O Manancial de captação é um manancial degradado e devido as características do manancial não há a necessidade de correção de pH.

Sua capacidade de tratamento total é de 260 L/s e suas instalações contam com seis decantadores e quatorze filtros de areia (Figura 21). Na etapa físico-química utiliza-se o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) como coagulante.

Figura 21 - Vista da ETA Porto das Caixas



Fonte: O autor, 2017.

Caracterização do Lodo da Estação de Tratamento de Água

A geração de lodo da ETA Porto das Caixas é de aproximadamente 15m^3 ao mês, sendo seu maior volume constituído da lavagem dos decantadores, o que ocorre mensalmente. Além desse volume, a cada 8h é dada uma descarga no decantador a fim de manter uma quantidade de flocos adequada ao tratamento. Em geral, a água da lavagem dos filtros também é incorporada ao lodo. Entretanto, no caso da ETA Porto das Caixas, essa parcela retorna ao início do processo de tratamento e não compõe o volume do lodo.

O lodo sedimentado no decantador apresenta teor de sólidos inferior a 1% e para que seja destinado ao aterro sanitário há a necessidade de aumento da sua concentração. Essa etapa é conhecida como tratamento do lodo. Na ETA Porto das Caixas, o fluxograma do tratamento da fase sólida é composto por adensador por gravidade seguido por desagumamento mecânico por centrífuga. O adensador por gravidade tem o objetivo de aumentar a concentração dos sólidos para aproximadamente 3%. A centrífuga, com dosagem de polímeros, aumenta o teor de sólidos para aproximadamente 25%. Na Figura 22 observa-se a textura do lodo centrifugado da ETA Porto das Caixas, com teor de sólidos superior a 25% e que foi utilizado no experimento.

Figura 22 - Lodo centrifugado da ETA Porto das Caixas com teor de sólidos a 25%



Fonte: O autor, 2017.

Com o objetivo de se verificar a classe do lodo da ETA Porto das Caixas para a avaliação da possibilidade do seu encaminhamento para o aterro sanitário, foi realizada a sua caracterização pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Os resultados completos estão apresentados no Relatório de Ensaio GELAB nº 1175/13, no Anexo A do presente trabalho. Já neste item, são apresentados somente os valores dos principais parâmetros, conforme pode ser observado na Tabela 11, para comparação com os limites definidos para os ensaios de lixiviação e solubilização descritos nos anexos G e F da ABNT - NBR 10.004/04.

Nenhum parâmetro do ensaio de lixiviação se apresentou fora dos limites estabelecidos. Sendo assim o resíduo não foi considerado perigoso. Porém no ensaio de solubilização os teores de fenóis totais, ferro e manganês ficaram acima dos limites estabelecidos, classificando então o lodo da ETA de Porto das Caixas como Resíduo Sólido Não Perigoso e Não Inerte – Classe IIA. Assim, este, pode ser disposto em aterro sanitário ou

destinado para aproveitamento ou reciclagem. Chama atenção o baixo valor de alumínio no ensaio de solubilização, apesar do uso de sulfato de alumínio no processo de coagulação. Aparentemente este elemento está adsorvido no lodo.

Tabela 11 - Resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização do lodo da ETA Porto das Caixas realizado pelo INEA em 2013

Parâmetros	Resultados Amostra [mg/L]	Limite Máximo – NBR 10.004 [mg/L]
Ensaio de Lixiviação – Limites: Anexo F - NBR 10.004/04		
Cádmio	<0,01	0,5
Cromo Total	<0,05	5,0
Mercúrio	<0,0001	0,1
Prata	<0,05	5,0
Bário	1,4	70,0
Chumbo	<0,1	1,0
Ensaio de Solubilização – Limites: Anexo G - NBR 10.004/04		
Fenóis totais	0,1	0,01
Cloreto	9,5	250,0
Sulfato	50	250,0
Fluoreto	0,24	1,5
Alumínio	<0,1	0,2
Cobre	0,005	2,0
Bário	0,15	0,7
Chumbo	0,01	0,01
Cromo total	<0,01	0,05
Ferro	1,4	0,3
Manganês	13	0,1
Mercúrio	<0,0001	0,001
Prata	<0,01	0,05
Zinco total	0,20	5,0
Cádmio	0,002	0,005

Fonte: GELAB N° 1175 ,2013 e ABNT, 2004.

Para o desenvolvimento do trabalho, parte da produção do lodo centrifugado em junho de 2017 foi encaminhado para o viveiro florestal e lá permaneceu em uma baía de contenção protegida de intempéries por três dias. O lodo foi utilizado na forma que estava acondicionado, sem passar por nenhum peneiramento ou tratamento prévio.

Definição dos Parâmetros do Lodo da Estação de Tratamento de Esgoto.

O lodo adotado na pesquisa é proveniente de um leito de secagem de uma ETE operada pela CEDAE com o fluxograma da fase líquida do tipo lodo ativado convencional. Na fase sólida o fluxograma é composto por adensador, digestor anaeróbio e leito de secagem.

Dessa forma o lodo da ETE mencionada foi adotado no trabalho e este, por se tratar de uma pesquisa com objetivo de dar destino ao lodo de ETA, não foram aprofundadas as características da ETE, bem como do lodo nela gerado. O lodo utilizado no experimento, antes de ser misturado no substrato foi peneirado com o objetivo de se remover partículas grosseiras como: pequenos gravetos ou demais impurezas.

Caracterização do Viveiro Florestal

O viveiro florestal utilizado no experimento foi um dos viveiros do programa Replantando Vida, localizado no município de Magé a 25 km do município de Itaboraí. Este viveiro florestal é o primeiro inserido dentro de uma unidade prisional no ERJ, com mais de 30.000 m², conforme se observa na Figura 23. O viveiro possui capacidade de produção de 1,2 milhões de mudas anuais, figurando entre os maiores produtores de mudas florestais nativas do Estado.

Figura 23 - Vista do viveiro florestal localizado em uma unidade prisional no município de Magé



Fonte: Abel, 2017.

O viveiro possui um berçário para auxiliar na germinação das mudas, uma área de sombra, área de enrijecimento, uma área de crescimento e um local destinado as mudas para arborização, além de o terreno possuir um bosque que é utilizado para coleta de sementes. No viveiro são produzidas mais de 200 espécies da Mata Atlântica. Para a produção das mudas, o viveiro utiliza em média 15.000 m³ de substrato ao ano, sendo 7.500 m³ de lodo de ETE e 7.500 m³ de solo comercial.

Caracterização das Espécies de Árvore

No experimento foram utilizadas duas mudas de espécies nativas da Mata Atlântica: uma de crescimento rápido, a *Schinus terenbinthifolius*, comumente conhecida como Aroeira Pimenteira, e outra de crescimento moderado, a *Pterocarpus violaceus*, conhecida como Aldrigo. Na Figura 24 se visualiza as árvores das espécies utilizadas no experimento.

Figura 24 - Árvore da Aroeira Pimenteira e Aldrigo



(a)



(b)

Legenda: (a) árvore de Aroeira Pimenteira; (b) árvore de Aldrigo.

Fonte: Lorenzi, 2008.

A *Schinus terenbinthifolius* é uma espécie pertencente à família Anacardiaceae. Segundo Lorenzi (2008), é considerada planta de pequeno a médio porte, entre 5 e 10 m de altura, com tronco de 30 a 60 cm de diâmetro, com crescimento rápido, perenifólia, heliófila e pioneira. Essa espécie é comum em terrenos úmidos, porém cresce também em terrenos secos e pobres. A taxa de germinação desta espécie é maior que 50% e o desenvolvimento da planta

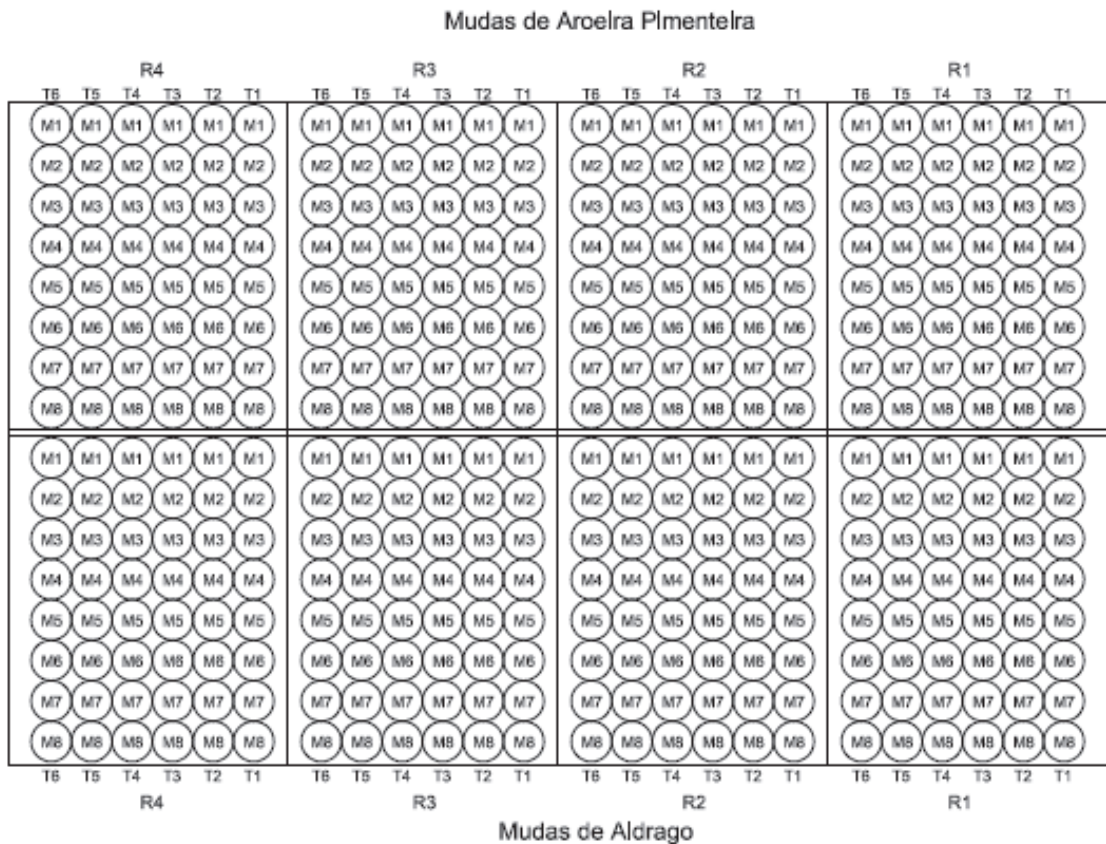
no campo é bastante rápido. Por essas características, ela foi utilizada com a intenção de ser a espécie que melhor se desenvolveria durante o experimento.

A *Pterocarpus violaceus* é uma espécie pertencente à família Fabaceae-Faboideae (Leguminisae). Segundo Lorenzi (2008), é considerada uma planta de médio porte, entre 8 a 14 m de altura, com tronco de 30 a 50 cm de diâmetro, com crescimento moderado, perenifólia, heliófila e é encontrada tanto na floresta primária densa, como nas formações secundárias. Aparentemente a espécie cresce independentemente das condições físicas do solo, característica da floresta pluvial da encosta atlântica. A taxa de germinação desta espécie é maior que 40% e o desenvolvimento da planta no campo é apenas moderado. Por essas características, ela foi utilizada com a intenção de ser a espécie que pior se desenvolveria durante o experimento.

3.2 Aparato Experimental

O experimento ocupou um espaço de 2,45 m de comprimento por 1,50 m de largura, totalizando 3,68 m² e foi instalado na área de sombra do viveiro. A Figura 25 apresenta o croqui da área do experimento e a forma de distribuição das mudas no local. O local foi devidamente identificado para que não atrapalhasse a operação cotidiana do viveiro e a área do experimento foi dividida em 2 seções onde foram colocadas as mudas de *Schinus terebinthifolia* (Aroeira Pimenteira) e *Pterocarpus violaceus* (Aldrago) separadamente. As mudas de cada espécie foram distribuídas em quatro repetições (R1, R2, R3 e R4) ao longo da área, iniciando no traço T1 e terminando no traço T6, cada um com 8 mudas (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 e M8).

Figura 25 - Croqui da área do experimento e a forma de distribuição das mudas no local



Fonte: O autor, 2018.

Coleta das Mudras

As mudras foram coletadas no berçário localizado no próprio viveiro florestal. Após a escolha das mudras, as mesmas foram colocadas em um balde com água para a limpeza da areia, e após, encaminhadas para a replicagem. Não foi utilizado nenhum critério de escolha das mudras, visto que em uma operação normal de um viveiro, todas as características são aceitas na replicagem. Na Figura 26 observa-se a coleta das 192 mudras de *Schinus terenbinthifolius* e 192 mudras de *Pterocarpus violaceus*, no berçário.

Figura 26 –Coleta das mudas no berçário do viveiro (continua)



(a)



(b)

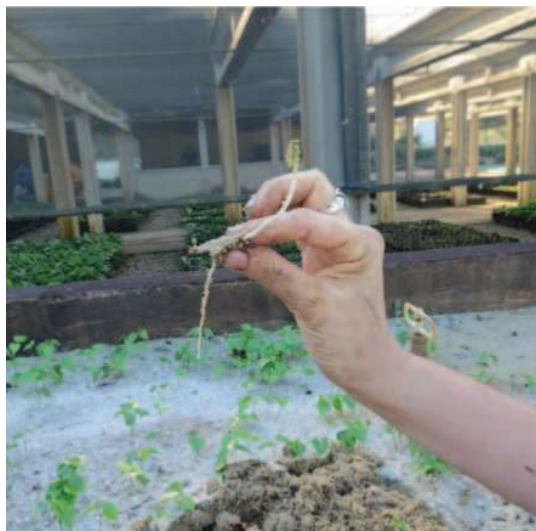


(c)



(d)

Figura 26 - Coleta das mudas no berçário do viveiro (conclusão)



(e)



(f)

Legenda: (a) berçário de mudas; (b) e (c) coleta das mudas no berçário; (d) balde utilizado para limpeza das mudas (e) muda de Aldrovo, (f) muda de Aroeira.

Fonte: O autor, 2017.

Análise Química dos Insumos

Antes de preparar os traços para o experimento foi realizado uma coleta simples dos substratos. Foram coletados aproximadamente 2 kg de lodo de ETA, lodo de ETE e solo para serem realizadas as análises químicas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de qualidade de água da CEDAE e foram verificados parâmetros, como pH, nutrientes e metais.

As metodologias utilizadas para a análises de pH foram baseadas na EMBRAPA (1997) e para a análise dos nutrientes e metais, foram baseada na metodologia da USEPA (1994).

Ressalta-se que não é conhecida a procedência do solo comercial adotado no presente estudo. Portanto, não foi possível comparar as características do lodo da ETA em relação às do solo, já que não é possível afirmar que sejam provenientes da mesma bacia hidrográfica. De acordo com Tartari (2013) quando o manancial de captação de água para abastecimento e o solo para composição do traço encontram-se na mesma bacia hidrográfica, espera-se que o lodo dessa ETA tenha características similares ao solo da região.

Também se ressalta que as concentrações dos nutrientes Nitrogênio (N), Enxofre (S), Carbono (C) e Molibdênio (Mo) não foram medidas neste ensaio, visto que o laboratório utilizado no experimento, não realizava as análises desses nutrientes.

Na Figura 27 verificam-se os aspectos dos materiais que compõem os traços do experimento.

Figura 27 – Aspecto dos materiais que compõem os traços



(a)



(b)



(c)



(d)

Legenda: (a) solo comercial; (b) lodo de ETE; (c) e (d) lodo de ETA.

Fonte: O autor, 2017.

Preparação dos Traços

Para avaliar o potencial de utilização de lodo de ETA na produção de mudas produzidas em viveiros florestais, foram realizados traços alterando-se os percentuais de lodo de ETA na composição do substrato. O primeiro traço, traço testemunho (T1), corresponde àquele que atualmente é utilizado no viveiro, composto de solo comercial e lodo de ETE. Os traços seguintes já não utilizam o solo, visto que um dos objetivos da pesquisa é a diminuição de extração de recursos naturais, substituindo o solo comercial pelo lodo de ETA. A Tabela 12 apresenta a porcentagem de insumos utilizados em cada traço de (T1 a T6).

Tabela 12 - Porcentagem de insumos utilizados em cada traço

	Lodo ETA	Lodo ETE	Solo
T1	0%	50%	50%
T2	100%	0%	0%
T3	75%	25%	0%
T4	50%	50%	0%
T5	25%	75%	0%
T6	0%	100%	0%

Fonte: O autor, 2018.

A Figura 28 está representando o processo de quantificação dos insumos para o preparo dos traços, assim como os equipamentos e materiais utilizados no preparo dos traços e o local de mistura dos substratos. Para o preparo das amostras foram utilizados recipientes de 14 L, uma betoneira e carrinho de mão, além de ferramentas como pá e espátula. As amostras foram preparadas na área de armazenagem dos substratos.

Figura 28 - Processo de quantificação dos insumos para o preparo dos traços (continua)



(a)



(b)

Figura 28 - Processo de quantificação dos insumos para o preparo dos traços (conclusão)



(c)



(d)



(e)



(f)

Legenda: (a) balde e pá utilizados para medição do volume dos insumos, (b) betoneira utilizada para mistura dos traços; (c) e (d) quantificação dos insumos para preparo dos traços; (e) traços antes da mistura e (f) local onde os traços foram preparados.

Fonte: O autor, 2017.

Para a quantificação dos traços foram utilizados recipientes de 14L como volume padrão. A quantidade de recipientes utilizados em cada traço está descrita na Tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade de recipientes (14L) utilizados para o preparo de cada traço

	Lodo ETA	Lodo ETE	Solo
T1	0 un.	2 un.	2 un.
T2	4 un.	0 un.	0 un.
T3	3 un.	1 un.	0 un.
T4	2 un.	2 un.	0 un.
T5	1 un.	3 un.	0 un.
T6	0 un.	4 un.	0 un.

FONTE: O autor, 2018.

Após a separação das quantidades de cada insumo, os mesmos foram misturados em uma betoneira para formar a massa e logo após foram encaminhados para bancada onde foram colocados manualmente em recipientes plásticos específicos para a replicagem das mudas.

Enchimento dos Recipientes das Amostras

Os recipientes utilizados para colocação dos substratos foram sacos plásticos específicos para cultivo de mudas, adquiridos facilmente no mercado. Os recipientes foram preenchidos com traços encaminhados para a bancada de trabalho, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Enchimento dos recipientes das amostras



(a)



(b)

Legenda: (a) enchimento do recipiente do tratamento T2, (b) enchimento do recipiente do tratamento T5
 Fonte: O autor, 2017.

De forma a cumprir o objetivo de analisar a trabalhabilidade de cada traço, o tempo de enchimento dos sacos foi avaliado da seguinte forma: quatro pessoas participaram desta etapa, onde cada uma encheu 16 sacos de cada traço (T1 a T6) e cada um teve seu tempo cronometrado. A Tabela 14 apresenta o tempo gasto para enchimento dos sacos, em relação a cada traço, que cada pessoa (p1 a p4) utilizou para preencher 16 recipientes.

Tabela 14 - Tempo de enchimento dos recipientes utilizados no experimento

	p1	p2	p3	p4
T1	130 seg	144 seg	132 seg	142 seg
T2	991 seg	1003 seg	980 seg	994 seg
T3	656 seg	661 seg	647 seg	653 seg
T4	480 seg	496 seg	464 seg	488 seg
T5	265 seg	267 seg	257 seg	270 seg
T6	208 seg	215 seg	190 seg	206 seg

Fonte: O autor, 2017.

Para verificar o tempo médio de enchimento de cada um dos recipientes, primeiro foi calculada a média de tempo que as pessoas levaram para encher os 16 recipientes e após foi dividido pelo número de recipientes enchidos por cada pessoa (16). A Equação 1 apresenta o cálculo de enchimento de cada recipiente utilizado.

Equação 1- Tempo de enchimento de cada recipiente utilizado

$$ts = \frac{tm}{nr}$$

Onde:

ts é o tempo médio de enchimento de cada recipiente (seg);

tm é o tempo médio de enchimento dos recipientes (seg);

nr é o número de recipientes enchidos por pessoa.

Ressalta-se que no presente texto, a descrição do enchimento dos sacos foi realizada juntamente com a descrição da preparação dos traços e da replicagem das mudas, por terem sido realizadas em campo, em sequência cronológica. Entretanto, na análise dos experimentos, ainda neste item “Materiais e Métodos”, será descrito o ensaio de trabalhabilidade.

Replicagem das Mudanças

Os recipientes com as misturas de cada traço foram transportados para um canteiro reservado para o experimento na área de sombra do viveiro. Furos manuais foram feitos nos substratos para a colocação da raiz. Os furos depois foram tampados com o próprio substrato deixando o caule das mudas para fora dos recipientes. As mudas então foram dispostas na área reservada para o experimento, separadas por repetição. Após a replicagem os traços foram identificados para facilitar medições posteriores. A Figura 30 representa o processo de replicagem das mudas.

Figura 30 - Processo de replicagem das mudas (continua)



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 30 – Processo de replicagem das mudas (conclusão)



(e)



(f)



(g)



(h)

Legenda: (a) equipe trabalhando na replicagem das mudas; (b) furos nos substratos para a replicagem das mudas; (c) detalhe da replicagem das mudas de Aldrago; (d) mudas de Aroeira replicadas; (e) replicagem das mudas; (f) identificação do experimento para futuras verificações; (g) detalhe da placa de identificação do T2; (h) detalhe da placa de identificação do T5.

Fonte: O autor, 2017.

3.3 Análises dos Experimentos

Inicialmente, cada traço foi coletado para análises das suas propriedades físicas, tais como: teor de umidade e granulometria. Essas permitiram a avaliação da trabalhabilidade dos mesmos. Após 21 dias de preparação das mudas, periodicamente foram realizadas medições da quantidade de mudas sobreviventes, para a verificação da taxa de sobrevivência; e da altura

das mudas e do diâmetro do coleto para a verificação da taxa de crescimento. Ao final do experimento foram coletadas e pesadas amostras da raiz e da parte aérea para o cálculo do Índice de Qualidade de Dickson.

Análise Física dos Traços

As análises físicas dos traços (teor de umidade e granulometria) foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – LMS/UERJ. Desta forma foi realizado uma coleta simples de cada traço. Foram coletadas aproximadamente 5 kg das amostras e acondicionadas em sacos fechados hermeticamente para que não perdessem umidade durante o trajeto, e posteriormente encaminhadas ao referido laboratório.

Teor de Umidade

Para o desenvolvimento do ensaio de teor de umidade, foram utilizadas 2 amostras de cada traço e posteriormente foi adotado um valor médio entre os resultados encontrado para cada traço. A metodologia do ensaio foi baseada na NBR 6457/1986 atualizada em 2016, que especifica a metodologia para preparação de ensaio de compactação e caracterização ABNT (1986) e suas etapas estão descritas a seguir:

O teor de umidade (W) pode ser descrito conforme a Equação 2 que apresenta o cálculo da massa da água (M_w) em relação a massa do solo seco (M_d).

Equação 2 - Teor de Umidade

$$W = \frac{M_w}{M_d} \times 100$$

Onde:

W é o teor de umidade de cada traço (%);

M_w é massa da água, calculada conforme Equação 5 (g);

M_d é a massa do solo seco, calculada conforme Equação 4 (g).

No LMS as amostras foram colocadas em cápsulas numeradas. Anteriormente, cada cápsula foi pesada vazia ($Caps$) e no segundo momento cada cápsula foi pesada com as amostras úmidas ($Caps + M_s$), (Figura 31a). A diferença entre as massas da cápsula com solo úmido e da cápsula vazia determina a massa do solo úmido (M_s), conforme descrito na Equação 3.

Equação 3 – Massa do Solo Úmido

$$Ms = (Caps + Ms) - Caps$$

Onde:

Ms é a massa do solo úmido (g);

(Caps + Ms) é a massa da cápsula com as amostras úmidas (g);

Caps é a massa da cápsula vazia (g).

Após a pesagem da cápsula preenchida com as amostras dos traços úmidos, as mesmas ficaram por 24 horas secando em estufa ($\pm 100^{\circ}\text{C}$). A Figura 31b apresenta as duas amostras de cada traço, preparadas com solo úmido antes de serem encaminhadas para a estufa. Após 24 horas, foram pesadas as cápsulas com o solo seco (Caps + Md) e a massa do solo seco então foi calculada pela diferença de peso da cápsula com solo seco e da cápsula vazia, conforme descrito na Equação 4.

Equação 4 – Massa do Solo Seco

$$Md = (Caps + Md) - Caps$$

Onde:

Md é a massa do solo seco (g);

(Caps + Md) é a massa da cápsula com as amostras secas (g);

Caps é a massa da cápsula vazia (g).

Para o cálculo da massa da água (Mw), subtraiu-se a massa do solo seco (Md) da massa do solo úmido (Ms), conforme descrito na Equação 5.

Equação 5 – Massa da Água

$$Mw = Ms - Md$$

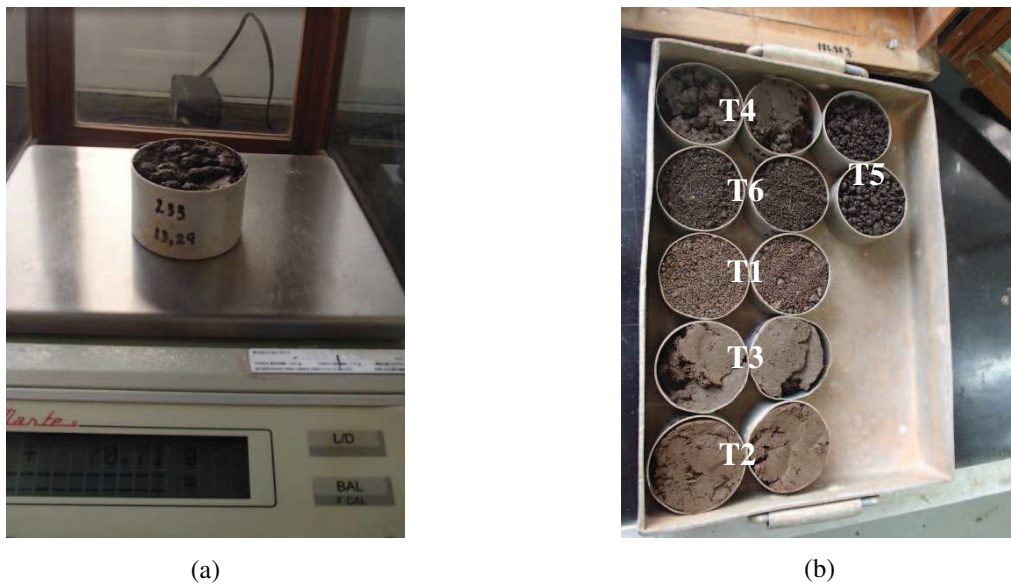
Onde:

Mw é a massa da água (g);

Ms é a massa do solo úmido (g).

Md é a massa do solo seco (g);

Figura 31 – Etapas da análise do teor de umidade de campo dos traços



Legenda: (a) pesagem da cápsula com amostra úmida;(b) amostras úmidas preparadas para serem colocadas na estufa por 24 horas.

Fonte: O autor, 2017

Granulometria

O ensaio de granulometria é importante para a verificação os tamanhos dos grãos que compõe todos os traços. Este foi também realizado no LMS/UERJ. Dessa forma as amostras de cada traço, não utilizadas no ensaio de teor de umidade, foram separadas em um recipiente metálico e colocadas para secar a temperatura ambiente por 10 dias. A Figura 32 apresenta a textura das amostras de cada traço colocadas para secagem à temperatura ambiente, para realização do ensaio granulométrico.

A metodologia do ensaio de granulometria foi baseada na NBR 7181/1968 atualizada em 2016 ABNT (1968) e suas duas etapas estão descritas a seguir.

Figura 32– Textura das amostras de cada traço colocadas para secagem em temperatura ambiente



Fonte: O autor, 2017.

Etapa de Peneiramento

Após 10 dias de secagem a temperatura ambiente, partes das amostras foram colocadas em pratos e pesados em balança (Figura 33a). Após a pesagem inicial (amostra total úmida) as amostras foram peneiradas na peneira #10 que possui uma malha com abertura de 2 mm (Figura 33b). O material retido na peneira #10 é conhecido como peneiramento grosso e informa a porcentagem de areia grossa e pedregulhos existentes nas amostras. O que passa pela peneira #10 é conhecido como peneiramento fino e informa a porcentagem de areia fina, siltes e argilas.

Em algumas situações, foi necessário realizar destorroamento das amostras, que consiste em desfazer os solos mais grossos sem quebrar os grãos do mineral. Para isso as amostras foram colocadas em um almofariz e com o auxílio de uma mão de gral, as amostras foram destorroadas (Figura 33c) e passadas novamente na peneira.

Para ensaio do peneiramento grosso, o material retido na peneira #10, peneirado em peneiras com aberturas maiores que 2 mm e pesado novamente. Para o ensaio do peneiramento fino, aproximadamente 90 g a 110 g do material que passou pela peneira #10, foi colocado em um conjunto de peneira e depois peneirado em peneiras com aberturas inferiores a 2 mm e pesado novamente. Todas as medições foram anotadas em uma planilha de laboratório, que juntamente com as curvas granulométricas estão apresentadas no Anexo B. A Figura 33 representa as etapas do peneiramento da análise de granulometria dos traços.

A última peneira utilizada nesta etapa do ensaio foi a peneira #200 (Figura 33d), com abertura de malha de 0,075 mm. O que passa nesta peneira são grãos muito finos e só podem ser medidos na próxima etapa, denominada etapa de sedimentação.

Figura 33 - Etapa do peneiramento da análise de granulometria dos traços (continua)



(a)



(b)

Figura 33 - Etapa do peneiramento da análise de granulometria dos traços (conclusão)



(c)



(d)

Legenda:(a) pesagem inicial das amostras para etapa de peneiramento; (b) peneiramento das amostras na peneira #10; (c) destorroamento dos grãos; (d) solo retido na peneira #200.

FONTE: O autor, 2017.

Etapa de Sedimentação

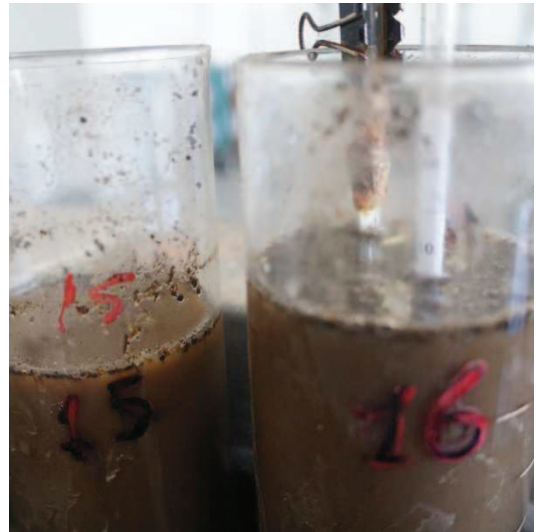
Foi adicionado um defloculante na parte do solo que passou pela peneira #200 e deixado em repouso por 24h. Após esse período a amostra foi vertida para uma proveta e nela foi adicionada água destilada, para mistura manual por 15 minutos. Após a mistura foi adicionada água até completar o volume de 1000 ml da proveta. As provetas, na medida em que foram sendo preparadas, foram colocadas em um tanque com água a fim de verificar a velocidade de sedimentação das partículas (Figura 34a).

Foi anotado o horário exato do início da sedimentação e neste momento, mergulhou-se o densímetro na mistura (Figura 34b), para medição do volume de sedimentação durante o tempo total de 24h. As leituras foram realizadas em intervalos variados, definidos na norma, iniciando com 30 segundos, 1 minuto, 2 minutos, até 24 horas (Figura 34c). Todas as leituras foram anotadas em uma planilha de laboratório (Figura 34d), que juntamente com os cálculos e as curvas granulométricas estão apresentadas no Anexo B. A Figura 34 representa as etapas da sedimentação da análise de granulometria dos traços.

Figura 34 - Etapa da sedimentação da análise de granulometria dos traços



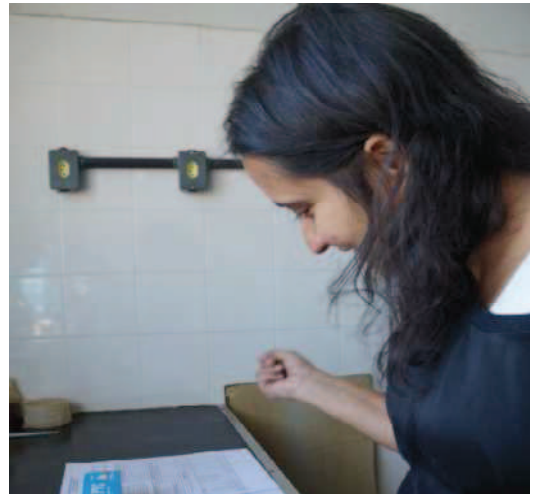
(a)



(b)



(c)



(d)

Legenda: (a) tanque com água onde as provetas foram colocadas, (b) densímetro utilizado para leituras das amostras, (c) leitura das amostras, (d) anotação das leituras na planilha de laboratório.

Fonte: O autor, 2017.

Trabalhabilidade dos Traços

A trabalhabilidade dos traços é uma etapa importante na operação de um viveiro florestal, pois o tempo de enchimento dos recipientes onde as mudas serão replicadas e a facilidade de enchimento pode prejudicar o tempo de operação devido a demora da execução do trabalho.

Para avaliar a trabalhabilidade dos traços foi realizada uma comparação do tempo de enchimento dos traços (T1 a T6), com o teor de umidade e com a caracterização granulométrica do solo.

Taxa de Sobrevivência

Para a análise da taxa de sobrevivência foi verificada a quantidade de mudas sobreviventes no experimento, considerando-se mudas mortas aquelas com ausência de folhas e aquelas com as folhas aparentemente secas, conforme observado na Figura 35.

Figura 35 – Mudas consideradas mortas no experimento



Legenda: (a) muda com ausência de folha considerada morta, (b) muda com folhas secas consideradas mortas.
Fonte: O autor, 2017.

A taxa de sobrevivência foi então calculada em relação ao traço e a espécie. Na Equação 7, observa-se que a taxa de sobrevivência (T_s) é igual a quantidade total de mudas sobreviventes (n) dividida pela quantidade total de mudas analisadas (M), multiplicada por 100.

Equação 6 - Taxa de Sobrevivência

$$T_s = \left[\left(\frac{n}{M} \right) \times 100 \right]$$

onde:

T_s é a taxa de sobrevivência (%);

n é o total de mudas sobreviventes no parâmetro analisado (un);

M é o total de mudas analisadas no parâmetro (un)

Taxa de Crescimento

O crescimento das mudas foi verificado através das seis medições periódicas realizadas a cada vinte e um dias. Para isso mediu-se a altura das mudas e o diâmetro do coleto em cada uma das 4 repetições de cada traço.

Para medição da altura utilizou-se uma régua métrica graduada com precisão de 0,05cm. A altura considerada foi o tamanho do caule entre o solo e a gema apical. Os dados da altura das mudas foram coletados a partir da 1ª medição, ou seja, com 21 dias do início do experimento. Na Figura 36 observa-se a medição das alturas das mudas.

O diâmetro do coleto foi medido tomando-se como referência a posição da planta rente ao solo. Foi utilizado um paquímetro manual com precisão de 0,05cm. Como os diâmetros dos coletos nas duas primeiras medições ainda apresentavam dimensões bastante reduzidas, só foram coletados esses dados a partir da 3ª medição, ou seja, com 63 dias do início experimento.

Assim, foram calculados valores médios entre as repetições de cada traço, tanto para altura da muda como para o diâmetro do coleto, para a verificação das taxas de crescimento das plantas. Por fim, a taxa de crescimento foi calculada por meio das Equações 7 e 8 que relacionam, respectivamente, a altura ou o diâmetro em relação ao tempo de medição.

Equação 7 - Taxa de crescimento em relação a altura das mudas

$$Th = \frac{H}{t}$$

onde:

Th é a taxa de crescimento em relação a altura das mudas (cm/dia);

H é a altura das mudas medida (cm);

t é o tempo da medição (dia).

Equação 8 - Taxa de crescimento em relação ao diâmetro do coleto

$$Tcd = \frac{Dc}{t}$$

onde:

Tcd é a taxa de crescimento em relação ao diâmetro do coleto (cm/dia);

Dc é o diâmetro do coleto medido (cm);

t é o tempo da medição (dia).

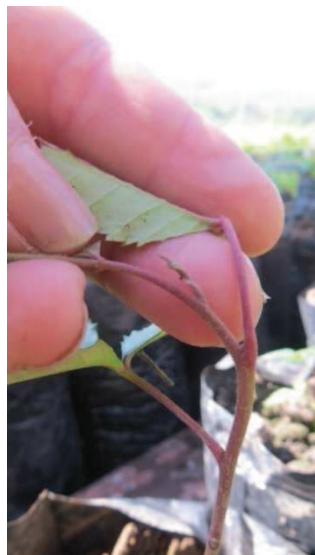
Figura 36 - Medição da altura das mudas



(a)



(b)



(c)



(d)

Legenda: (a) medição da altura das mudas, (b) detalhe da medição da altura das mudas, (c) Gema Apical utilizada como limitador para medição da altura, (d) anotação das alturas medidas.

Fonte: O Autor, 2018.

Índice de Qualidade de Dickson

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um índice que relaciona a altura da muda, o diâmetro do coleto, o peso da matéria seca da parte aérea e da parte da raiz. As duas primeiras variáveis já foram calculadas anteriormente e dessa forma, nessa etapa, somente procedeu-se com a medição do peso da matéria seca da parte aérea e da parte da raiz. Ressalta-se que o experimento para o cálculo do IQD só pôde ser realizado com a espécie

Schinus terebinthifolius (Aroeira Pimenteira), já que o experimento, acidentalmente foi desmontado antes da medição da outra espécie.

A seleção das mudas adotadas para esta etapa foi baseada no cálculo da altura média das mudas na última medição. As quatro mudas de cada repetição, que mais se aproximavam da altura média, foram selecionadas para pesagem.

Para a pesagem da raiz das mudas selecionadas, houve a necessidade de retirada do solo acoplado a ela. O solo foi retirado cuidadosamente para não danificar a raiz. Quando necessário as mudas foram colocadas em um balde com água para umedecer o solo e facilitar a remoção. Após remoção do solo remanescente da raiz, esta foi separada da parte aérea em todas as amostras (Figura 37). Assim, tanto parte aérea (folhas e caule) como parte das raízes foram ensacadas, identificadas e encaminhadas para a secagem em estufa por 24 horas. Posteriormente as partes descritas foram pesadas e para elas, foi realizado um cálculo médio para cada traço.

A Equação 9 apresenta o cálculo do Índice de Qualidade de Dickson.

Equação 9 - Índice de Qualidade de Dickson

$$IQD = \frac{PMST}{(H/Dc) + (PMSA/PMSR)}$$

onde:

IQD é o Índice de Qualidade de Dickson;

H é a altura das mudas (cm);

Dc é o diâmetro do coleto (cm);

PMST é o peso da matéria seca total (g);

PMSA é o peso da matéria seca da parte aérea (g);

PMSR é o peso da matéria seca da raiz (g).

Figura 37 – Separação da parte aérea e da raiz das mudas selecionadas (continua)



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 37 - Separação da parte aérea e da raiz das mudas selecionadas (conclusão)



(e)



(f)



(g)



(h)

Legenda: (a) retirada do solo da raiz seca, (b) mudas colocadas nos baldes para umedecimento, (c) retirada do solo da raiz umedecida, (d) parte aérea das mudas (T5), (e) e (f) parte da raiz (T5, T3), (g) e (h) mudas selecionadas (T2 e T5)

Fonte: O autor, 2017.

3.4 Avaliação dos Benefícios da Incorporação do Lodo de ETA no Substrato

Para a avaliação dos benefícios da incorporação do lodo no substrato para produção de mudas florestais, foi considerado o traço que melhor obteve resultado nos experimentos. Desconsiderou-se o traço T1, traço testemunho, e o traço T6, que usa 100% lodo de ETE, já que o objetivo final é a avaliação de destinação do lodo de ETA.

Para os cálculos relacionados aos custos da disposição final do lodo de ETA, foi adotada a metodologia desenvolvida por Lima (2014), que considera a disposição do próprio

lodo da ETA Porto das Caixas, também objeto de estudo desta pesquisa, em aterro sanitário. Ressalta-se que o trabalho foi desenvolvido em 2014 e dessa foram, até os dias atuais há que se computar um acréscimo de valores relacionados à inflação do período. Assim, sugere-se que o índice aqui estimado seja utilizado com esta ressalva. O índice aqui utilizado foi o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). O IPCA acumulado desde o ano de 2014 é de aproximadamente 20%. Sendo assim, o índice utilizado nos cálculos é 1,2.

Dessa forma, Lima (2014) compôs um custo de disposição do lodo da ETA Porto das Caixas em aterro sanitário no valor aproximado de R\$ 180,00/ton já considerando o transporte. Já em relação ao custo do solo comercial foi adotado o valor apresentado no catálogo de preços da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP), também referente ao ano de 2014. O valor adotado é de R\$ 48,00 (quarenta e oito reais) por metro cúbico (EMOP, 2014). Ressalta-se que esse valor, por corresponder ao ano de 2014 também foi ajustado pelo índice do IPCA informado.

Para a composição dos benefícios adquiridos com a incorporação no lodo de ETA no substrato de produção de mudas, em substituição ao solo comercial, as seguintes variáveis foram adotadas:

- Volume de recurso natural evitado (V_r);
- Volume evitado na disposição no aterro (V_d);
- Custo evitado na aquisição de solo comercial (C_r);
- Custo evitado na disposição de lodo de ETA em aterro sanitário (C_d);e
- Custo total evitado pela companhia de saneamento (C_t)

As Equações 10, 11, 12, 13 e 14 serviram como base para os cálculos realizados.

Equação 10 – Volume de recurso natural evitado.

$$V_r = V_s$$

Onde:

V_r é o volume de recursos naturais evitados (m^3 /ano);

V_s é o volume de solo comercial utilizado no viveiro (m^3 /ano).

Equação 11 - Volume evitado na disposição de lodo de ETA do aterro.

$$V_d = \%T \times V_t$$

Onde:

V_d é o volume evitado na disposição de lodo de ETA em aterro (m^3 /ano);

$\%T$ é a porcentagem de lodo de ETA no melhor tratamento dividida por 100.

V_t é o volume total de substrato utilizado no viveiro(m^3 /ano).

Equação 12 - Custo evitado pela aquisição de solo comercial;

$$C_s = V_r \times R_s \times i$$

Onde:

C_s é o custo evitado pela aquisição do solo comercial (R\$/ano);

V_r é o volume de recursos naturais evitados (m^3 /ano);

R_s é custo do solo praticado pelo EMOP no estado do Rio de Janeiro (R\$/ m^3)

i é o índice de reajuste estipulado.

Equação 13 - Custo evitado na disposição de lodo de ETA em aterro sanitário

$$C_d = V_d \times \gamma \times R_d \times i$$

Onde:

C_d é o custo evitado pela disposição de lodo de ETA em aterro (R\$/ano);

V_d é o volume evitado na disposição de lodo de ETA em aterro (m^3 /ano);

γ é o peso específico do lodo úmido ($W \sim 25\%$) de ETA (m^3 /ton).

R_d é o custo da disposição de lodo de ETA aterro sanitário (R\$/ton).

i é o índice de reajuste estipulado.

Equação 14 - Custo Total evitado pela companhia de saneamento

$$C_t = C_s + C_d$$

Onde:

C_t é custo total evitado pela companhia de saneamento (R\$/ano);

C_s é o custo evitado pela aquisição do solo comercial (R\$/ano);

C_d é o custo evitado pela disposição de lodo de ETA em aterro (R\$/ano).

Nesta etapa do trabalho, os benefícios adquiridos com a incorporação no lodo de ETA no substrato de produção de mudas, em substituição ao solo comercial foram avaliados tanto em função dos custos, como em função das questões ambientais e legais. Dessa forma, neste último caso, foram analisados os aspectos relacionados à preservação do recurso natural, à vida útil do aterro sanitário e às premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) no que diz respeito às prioridades no gerenciamento de resíduos sólidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na metodologia empregada no experimento realizado, alguns resultados foram avaliados para a verificação da possibilidade de incorporação do lodo de ETA no substrato para plantio de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica. Dentre eles: análise química dos insumos, análise física dos traços e análise das mudas em relação à taxa de sobrevivência, à taxa de crescimento e ao Índice de Qualidade Dickson. Ainda, foi realizada uma verificação preliminar dos custos, dos ganhos ambientais e atendimento as legislações.

Com relação às análises químicas, foram comparados os resultados pH, metais e nutrientes de cada insumo utilizado para compor o substrato (lodo de ETA, lodo de ETE e solo comercial). Já em relação à análise física dos traços, realizou-se a comparação do teor de umidade e da granulometria com o tempo de ensacamento a fim de se verificar a trabalhabilidade dos traços.

4.1 Análise Química dos Insumos

Como já mencionado no presente trabalho, os macros nutrientes importantes para o crescimento das plantas são: Nitrogênio (N), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e Enxofre (S). Já os micronutrientes são: Carbono (C), Ferro (Fe), Boro (B), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Molibdênio (Mo). Ainda, outros parâmetros como Alumínio (Al) e o pH são de grande relevância para o desenvolvimento das plantas.

A Tabela 15 apresenta os resultados da análise química dos insumos (lodo de ETE, lodo de ETA e solo comercial), realizada no Laboratório da CEDAE.

Tabela 15 - Resultados das análises químicas dos insumos e nutrientes necessários para o crescimento das mudas

Parâmetro	LODO ETE	LODO ETA	SOLO COMERCIAL
	mg/kg (base seca)	mg/kg (base seca)	mg/kg (base seca)
Potássio (K)	1.065	2.921	278
Cálcio (Ca)	6.333	734	541
Magnésio (Mg)	2.090	2.402	<2,5
Ferro (Fe)	6.091	49.247	7763
Alumínio (Al)	6.799	69.976	10.091
Boro (B)	<0,395	<0,395	<0,395
Zinco (Zn)	173	84,1	48,2
Manganês (Mn)	65,2	2.570	28,8
Cobre (Cu)	56,0	18,4	14,7
Fósforo (P)	2.201	1.304	438
pH	5,1	5	3,6

Fonte: O autor, 2018.

Inicialmente, é possível observar que o elemento alumínio (Al) encontra-se em maior concentração em todos os insumos analisados. Porém, no lodo da ETA essa concentração é cerca de 10 vezes do que nos demais. Esse resultado já era de se esperar, já que o coagulante adotado no processo de tratamento da água foi o sulfato de alumínio. Lodos de outras ETAs indicam variação de 386 a 89.700 mg/kg conforme apresentada na Tabela 8 do item “revisão bibliográfica” do presente trabalho. Como já mencionado anteriormente, em certas regiões, a composição do lodo chega a ser mais de 90% proveniente do coagulante. E este elemento também é considerado um dos mais abundantes na crosta terrestre. Na ETA, as reações da coagulação por sulfato de alumínio tornam o pH do lodo mais ácido. Isso pode ser claramente observado na Tabela 15, onde o valor apresentado é de 5. Ainda em relação ao pH, tanto para o lodo de ETE como para o solo comercial, os valores também indicam um meio ácido.

O ferro (Fe) apresentou concentração de 49.246 mg/g no lodo da ETA, cerca de 7 vezes maior do que no lodo da ETE e no solo. Mesmo este elemento se encontrando em abundância na crosta terrestre, este valor apresentado na ETA só pode ser justificado pela presença em algum produto químico adicionado, podendo ser o próprio sulfato de alumínio ou o polímero utilizado no processo de desidratação do lodo. Ressalta-se que, por informação fornecida pelo operador da ETA, não foi adicionado coagulante de sais de ferro no tratamento da ETA em estudo. A Tabela 8 já mencionada indica valores variando de 212,47 a 15.300 mg/kg para o ferro.

Para a maioria dos parâmetros analisados, o lodo de ETE apresentou valores superiores em relação ao lodo de ETA e ao solo comercial. Daqueles mencionados como principais para crescimento de plantas, destacam-se Ca, P, Zn, Cu. Somente os parâmetros K, Mg e Mn apresentaram valores superiores no lodo de ETA. No caso do solo comercial, é possível perceber que somente a concentração de ferro foi superior à do lodo da ETE. Dessa forma, percebe-se claramente a importância da incorporação do lodo de ETE na composição do traço para melhor desenvolvimento das mudas. Isso será também analisado mais adiante do presente estudo.

4.2 Análises Física dos Traços

A análise física dos traços foi realizada no LMS/UERJ em função dos parâmetros teor de umidade e granulometria. A partir desses resultados foi possível analisar o tempo de enchimento dos sacos para cada traço para verificação da trabalhabilidade.

Teor de Umidade

O teor de umidade é a quantidade de água contida numa amostra de solo, neste experimento nomeado como traço, e pode ser expressa em porcentagem. Quanto maior o teor de umidade, mais água o traço possui. O teor de umidade também está relacionado com a composição mineralógica do solo (traço). Solos argilosos tendem a possuir um teor de umidade maior do que solos arenosos.

Analisando a Tabela 16, verifica-se que o teor de umidade do traço T1 (50% de solo e 50% lodo de ETE), que é o traço que vem sendo utilizado no viveiro como substrato, apresenta o menor valor, de 39%. Por outro lado, o traço contendo 100% de lodo da ETA (T2) apresenta o maior valor, de 224% e o traço contendo 100% de lodo de ETE (T6), apresenta um teor de umidade de 101%. Verifica-se que o teor de umidade aumenta conforme o aumento de porcentagem de lodo de ETA incorporado ao substrato. O traço que indicou o menor teor de umidade foi o traço T1, seguido do traço T6, T5, T4, T3 e T2 na sequência do menor para o maior. Porém como o objetivo é analisar a viabilidade da incorporação do lodo de ETA, o traço contendo este insumo que obteve menor teor de umidade foi o traço T5 com 128,66% e o que obteve maior teor de umidade foi traço T2 com 224,03%.

O teor de umidade dos traços analisados corresponde de solos com granulometrias muito fina, pois os valores ficaram acima de 100%.

Tabela 16 - Teor de Umidade.

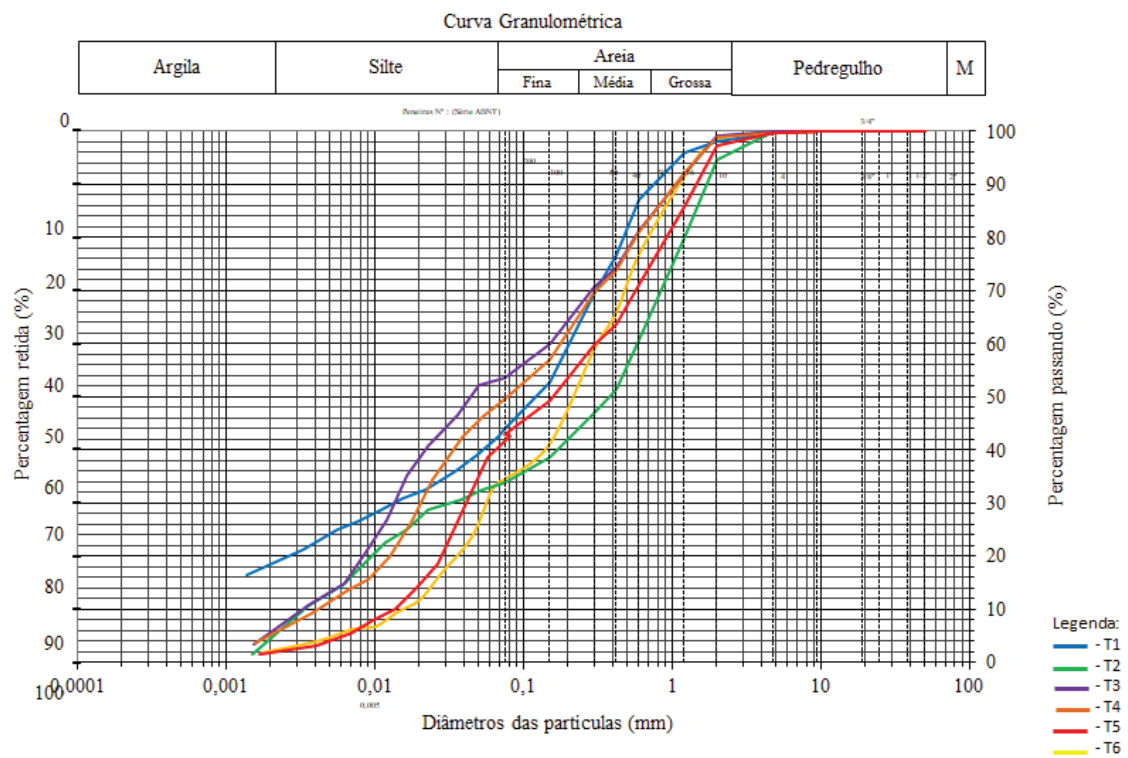
Traço	W [%]
T1	38,88
T2	224,03
T3	163,26
T4	150,97
T5	128,66
T6	101,93

Fonte: O autor, 2018.

Granulometria

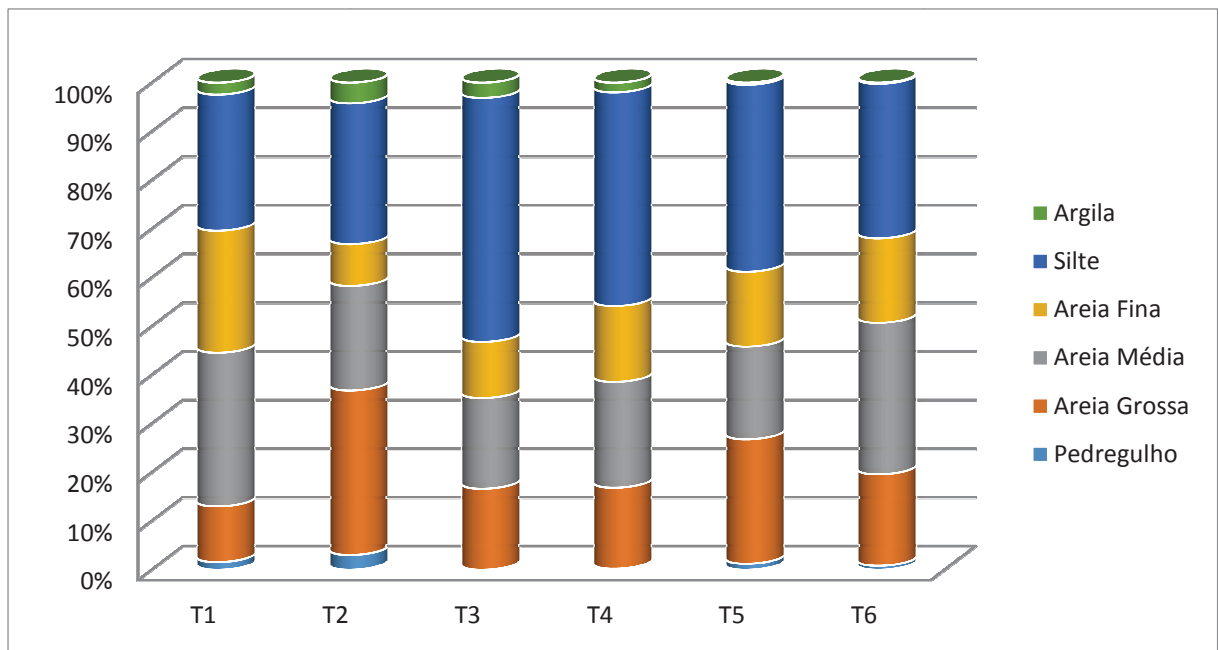
A determinação granulométrica dos traços foi realizada também no LMS/UERJ e seus dados e resultados estão apresentados no Anexo B. Na Figura 38 observa-se o gráfico contendo as curvas granulométricas de todos os traços. Já a Figura 39 apresenta um gráfico com a porcentagem de material (argila, silte, areia ou pedregulho) presente em cada traço, baseado nas curvas granulométricas. Ressalta-se que o resultado das curvas granulométricas indica o tamanho da partícula, conforme a classificação da ABNT para solos. Isto pode vir a auxiliar no entendimento do comportamento dos lodos, porém não necessariamente pode-se comparar a teoria clássica da Mecânica dos Solos.

Figura 38 – Curvas Granulométrica de todos os traços



Fonte: O autor, 2018.

Figura 39 - Porcentagem de material presente em cada traço



Fonte: O autor, 2018.

Pode-se verificar que o traço T1 apresenta 23% de silte e 2% de argila e cerca de 56 % de areia, enquanto o traço T2, lodo da ETA apresenta 28% de silte e 4% de argila e cerca de 64% de areia e 3% de pedregulho. A presença menor de argila e silte (32%) e a presença de pedregulho no lodo da ETA chama atenção, sendo possivelmente o não destorroamento dos finos. Dados da literatura (Tabela 7) indicam percentuais de argila variando de 16% a 89% e silte de 11% a 62%. O lodo da ETE, traço T6, apresenta 31% de silte, somente 0,2% de argila e 66% de areia com granulometria semelhante ao lodo da ETA. No entanto, as umidades dos dois materiais são diferentes. A alta umidade do lodo de ETA possivelmente está ligada a presença as altas concentrações de alumínio e ferro (Tabela 15), que ficam adsorvidos as partículas, dando uma estrutura chamada de floculada, com um alto índice de vazios, permitindo assim a entrada de água, tornando o material extremamente plástico. Portanto, mesmo com uma porcentagem de argila pequena o lodo da ETA tem um comportamento de argila, visto que quando ele seca, fica difícil o seu destorroamento.

Pode-se verificar que os traços T3 (75% ETA e 25% ETE) a T5 (25% ETE e 75% ETE) apresentam quantidades de silte variando de 48% a 37% e de areia de 45% a quase 60%. As umidades variaram de 163 % a 129 % indicando a diminuição da umidade a medida que a fração areia aumenta e mostrando a proximidade com a umidade do lodo da ETE.

Em relação à granulometria, não se observou uma homogeneidade nos traços e nem uma variação gradual de T2 a T6 conforme esperado.

Ter uma amostra homogênea de solo é benéfico para o desenvolvimento de mudas já que a característica de adsorção dos minerais pode influenciar na absorção ou não de nutrientes pelas plantas. Solos muito arenosos tendem a lixiviar facilmente os nutrientes, pois tem uma adsorção reduzida. Solos mais argilosos tendem a adsorver os nutrientes e não os liberam facilmente para a planta. Então solos contendo areia fina e silte em proporções razoáveis são aqueles onde a planta melhor se adapta. Dessa forma, os traços T1, T5 e T6 são os que mais se aproximam dessa característica. Sabendo-se que T1 tem em sua composição somente solo e lodo de ETE e que T6 representa somente lodo de ETE, o traço T5 destaca-se como um bom ambiente para o crescimento da planta em se tratando de granulometria.

4.3 Trabalhabilidade dos Traços.

A trabalhabilidade dos traços é um parâmetro importante na operação de um viveiro florestal, pois dependendo da consistência do substrato pode dificultar o enchimento dos recipientes utilizados para replicagem das mudas.

Como os traços analisados possuem percentuais granulométricos próximos, a trabalhabilidade foi avaliada comparando-se somente o tempo médio de enchimento do saco e o teor de umidade de cada traço. A Tabela 17 apresenta o tempo de enchimento e o teor de umidade para cada traço. Assim, verifica-se que quanto maior o teor de umidade mais tempo se levou para encher os recipientes. A Figura 40 apresenta fotografias que representam a consistência e a textura de cada traço, considerando-se somente T2 a T6, visto que T1 trata-se somente do traço testemunho.

Tabela 17 - Relação entre o tempo de enchimento do recipiente o teor de umidade dos traços

Traço	Tempo Médio Enchimento	Teor de Umidade
	[seg]	[%]
T1	9	38,88
T2	62	224,03
T3	41	163,26
T4	30	150,97
T5	17	128,66
T6	13	101,93

Fonte: O autor, 2018.

Figura 40 - Consistências dos traços utilizados no experimento (continua)



(a)



(b)

Figura 40 - Consistências dos traços utilizados no experimento (conclusão)



Legenda: (a) consistência do traço T2 (b) consistência do traço T3, (c) consistência do traço T4, (d) consistência do traço T5, (e) consistência do traço T6, (f) consistência dos traços após ensacamento.

Fonte: O autor, 2017.

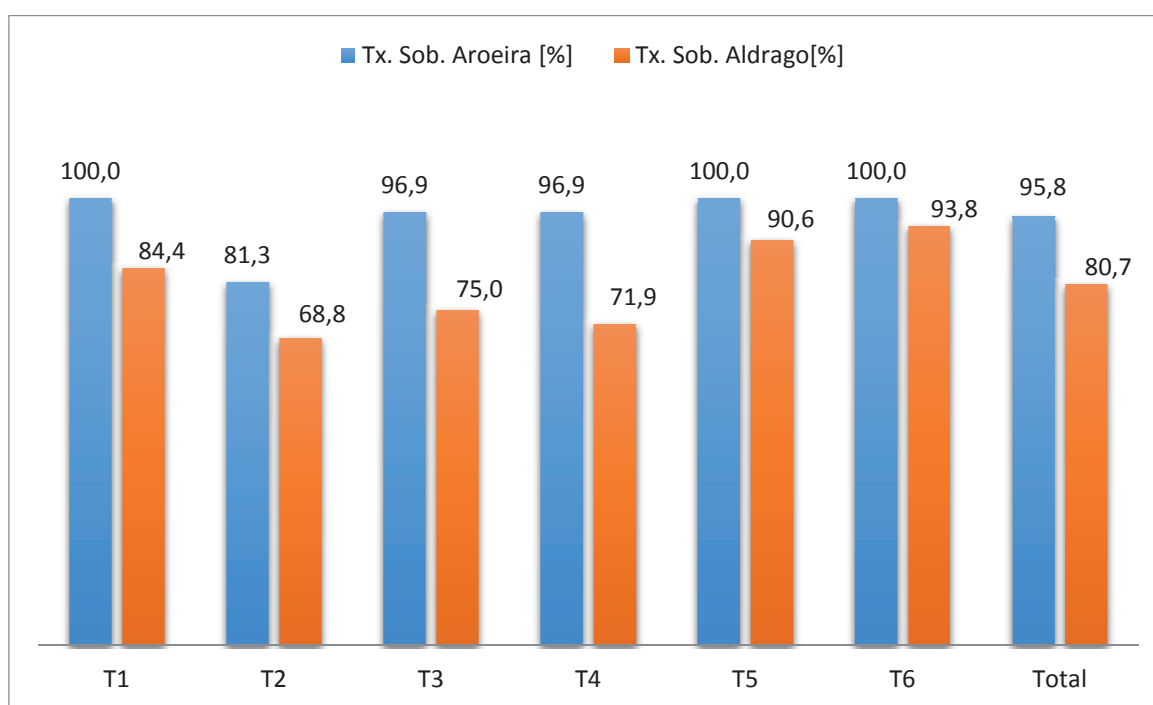
Nas Figuras 40b e 40c percebe-se uma consistência mais aglomerada dos traços T3 e T4 do que em relação aos traços T5 e T6 apresentados nas Figuras 40d e 40e. Apesar da fotografia da Figura 40a (Traço T2) não apresentar consistência muito argilosa, ressalta-se que esta amostra não passou pela betoneira como as outras (exceto T6), mas *in loco*, observou-se sim uma consistência com característica de argila. Os traços T2, T3 e T4 apresentam um teor de umidade maior que os traços T5 e T6, assim como o tempo de ensacamento.

Nesta análise pode-se constatar que um fator limitante para a utilização de lodo de ETA na composição do traço pode ser a sua quantidade em relação aos demais componentes, já que porcentagens elevadas de lodo de ETA dificultam o ensacamento para a logística dos viveiros.

4.4 Taxa de Sobrevivência

Analisar a taxa de sobrevivência das mudas é essencial para a verificação da qualidade do experimento. Essa sobrevivência ocorre em função de variáveis como: luz solar, água, nutrientes e alguma toxicidade que por ventura venha a ocorrer. Na Figura 41 observa-se a taxa de sobrevivência das mudas de cada espécie estudada, em relação ao traço e ao total.

Figura 41 – Taxa de Sobrevivências das Mudas



Fonte: O autor, 2018.

Observa-se que a taxa de sobrevivência das mudas em ambas as espécies é alta já que, na média total, todas se apresentaram acima de 80%. Ainda na Figura 41, verifica-se que o traço T2, com lodo de ETA em sua totalidade, foi o que obteve maior mortalidade para as mudas, tanto para a Aroeira (81,3%) quanto para o Aldrigo (68,8%). Isso se deve ao fato que o lodo de ETA apresenta menor quantidade de nutrientes essenciais para o crescimento das mudas em relação ao lodo de ETE presente nos outros traços. Os traços que obtiveram

maiores taxas de sobrevivência em ambas as espécies foram os traços T1, T5 e T6. Como o objetivo do presente estudo é avaliar a incorporação do lodo de ETA no substrato, dentre eles, o que contém lodo de ETA e que obteve melhor resultado foi o traço T5. Este é composto por 25% de lodo de ETA + 75% lodo de ETE. Neste caso, 100% das mudas de Aroeira Pimenteira sobreviveram e 90,6% das mudas de Aldrago sobreviveram. Este resultado reforça o entendimento inicial que a espécie Aroeira Pimenteira se desenvolve bem, mesmo em situações não convencionais.

4.5 Taxa de Crescimento

A altura e o diâmetro do coleto são fatores importantes na sobrevivência e desenvolvimento das plantas após o plantio em campo e as taxas de crescimento destes parâmetros podem variar conforme a espécie. Nas Tabelas 18 e 19, observam-se respectivamente, a taxa de crescimento em relação a altura das mudas (Th) e a taxa de crescimento em relação ao diâmetro do coleto (Tcd), para as duas espécies de estudo e em relação aos traços. Ressalta-se que conforme descrito no item “materiais e métodos”, nesta etapa foram realizadas 6 medições com variação de 21 dias entre cada uma.

Tabela 18 - Taxa de Crescimento em relação a altura (Th)

Traço	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	4ª Medição	5ª Medição	6ª Medição
Taxa de Crescimento em Relação a Altura - Aroeira Pimenteira						
T1	0,23	0,35	0,69	1,48	2,40	3,27
T2	0,23	0,24	0,25	0,41	0,60	0,79
T3	0,22	0,26	0,34	0,71	1,28	1,84
T4	0,24	0,29	0,40	0,99	1,72	2,45
T5	0,23	0,36	0,79	1,70	2,61	3,60
T6	0,22	0,35	0,72	1,52	2,39	3,25
Taxa de Crescimento em Relação a Altura - Aldrago						
T1	0,20	0,20	0,22	0,27	0,36	0,44
T2	0,21	0,22	0,24	0,25	0,25	0,26
T3	0,22	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
T4	0,20	0,20	0,23	0,26	0,29	0,31
T5	0,21	0,21	0,23	0,27	0,35	0,42
T6	0,18	0,18	0,20	0,23	0,29	0,33

Fonte: O autor, 2018.

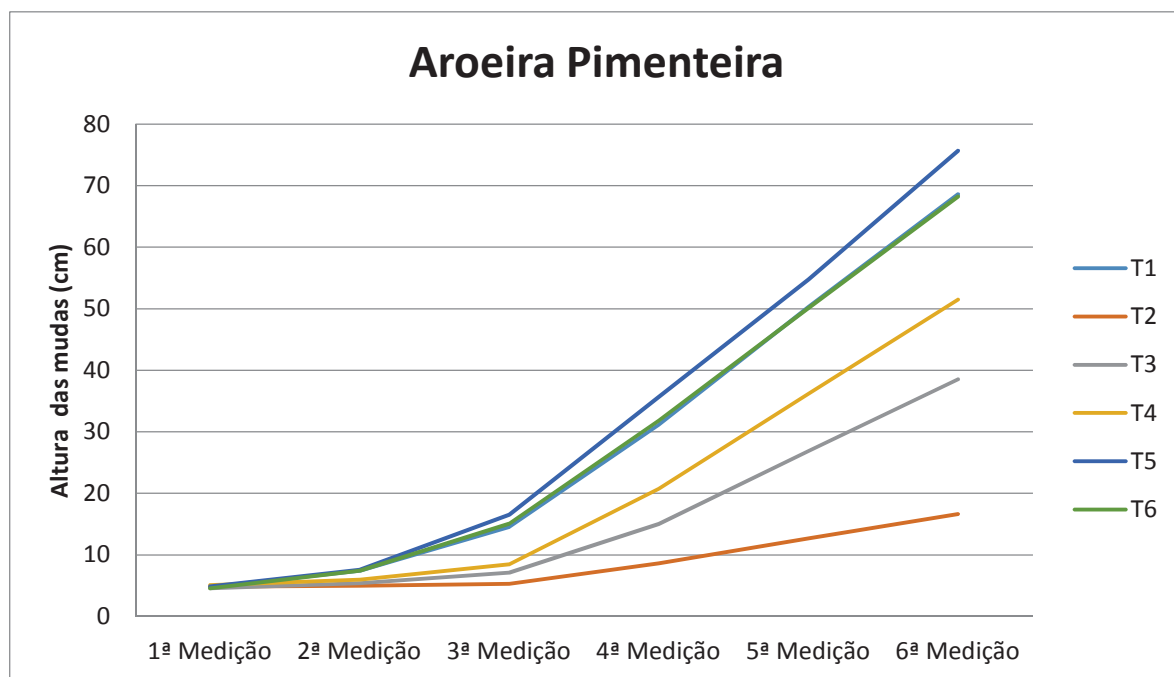
Tabela 19 - Taxa de Crescimento em relação ao diâmetro do coleto (Tcd)

Traço	3ª Medição	4ª Medição	5ª Medição	6ª Medição
Taxa de Crescimento em Relação ao Diâmetro do Coleto - Aroeira Pimenteira				
T1	0,01	0,02	0,02	0,03
T2	0,01	0,01	0,01	0,01
T3	0,01	0,01	0,01	0,02
T4	0,01	0,01	0,01	0,02
T5	0,01	0,02	0,03	0,03
T6	0,01	0,01	0,02	0,02
Taxa de Crescimento em Relação ao Diâmetro do Coleto - Aldrago				
T1	0,01	0,01	0,01	0,01
T2	0,01	0,01	0,01	0,01
T3	0,00	0,01	0,01	0,01
T4	0,01	0,01	0,01	0,01
T5	0,00	0,01	0,01	0,01
T6	0,00	0,01	0,01	0,01

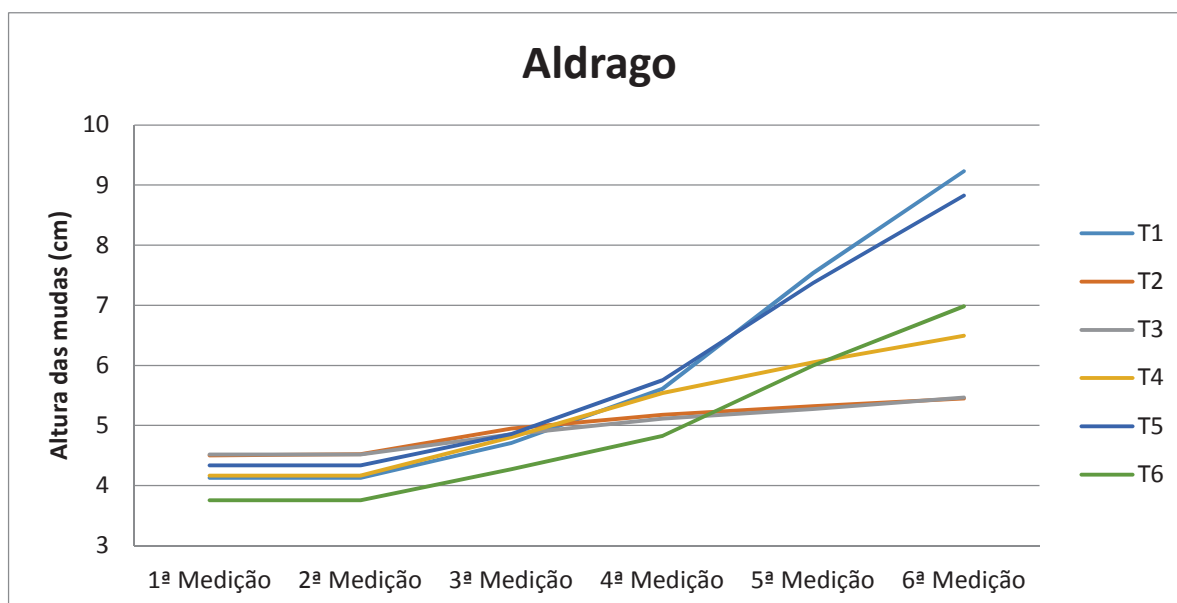
Fonte: O autor, 2018.

Como mencionado anteriormente, a *Schinus terebinthifolius* (Aroeira Pimenteira) tem um crescimento rápido, já a *Pterocarpus violaceus* (Aldrago) tem um crescimento moderado. Isso é claramente observado nos resultados das Tabelas 18 e 19 e pode ser visualizado nas escalas dos gráficos da Figura 42 e Figura 43, que apresenta a altura e o diâmetro dos coleto das mudas ao longo das medições para cada traço.

Figura 42 - Crescimento das mudas ao longo das medições em relação à altura



(a)

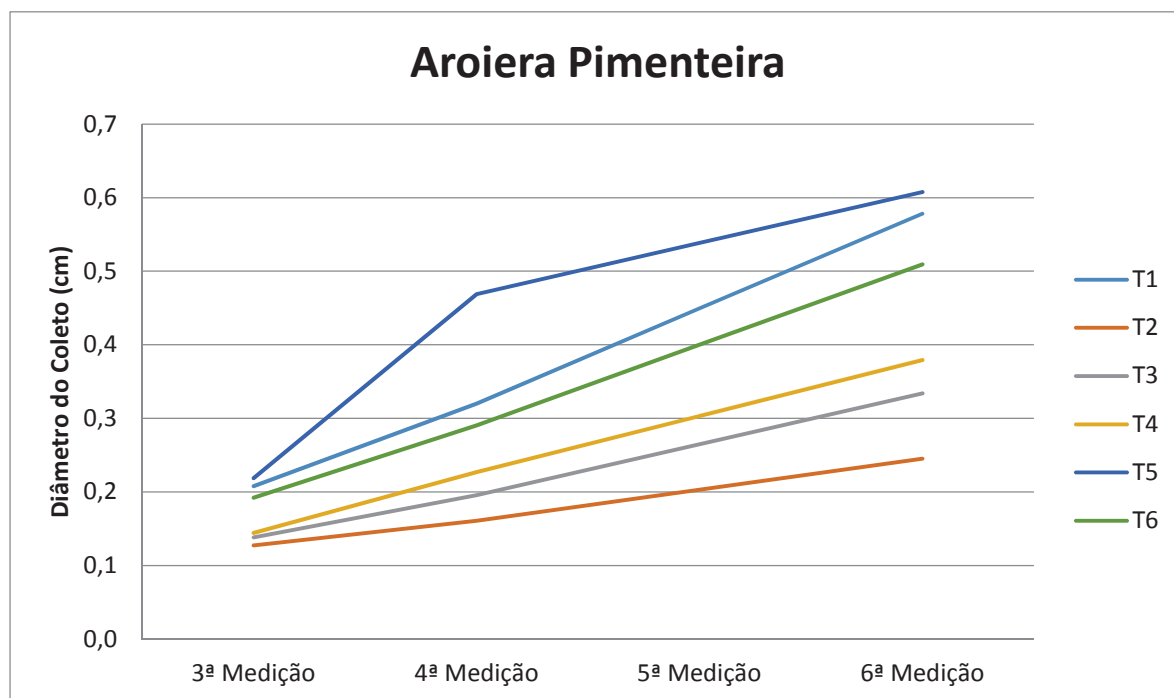


(b)

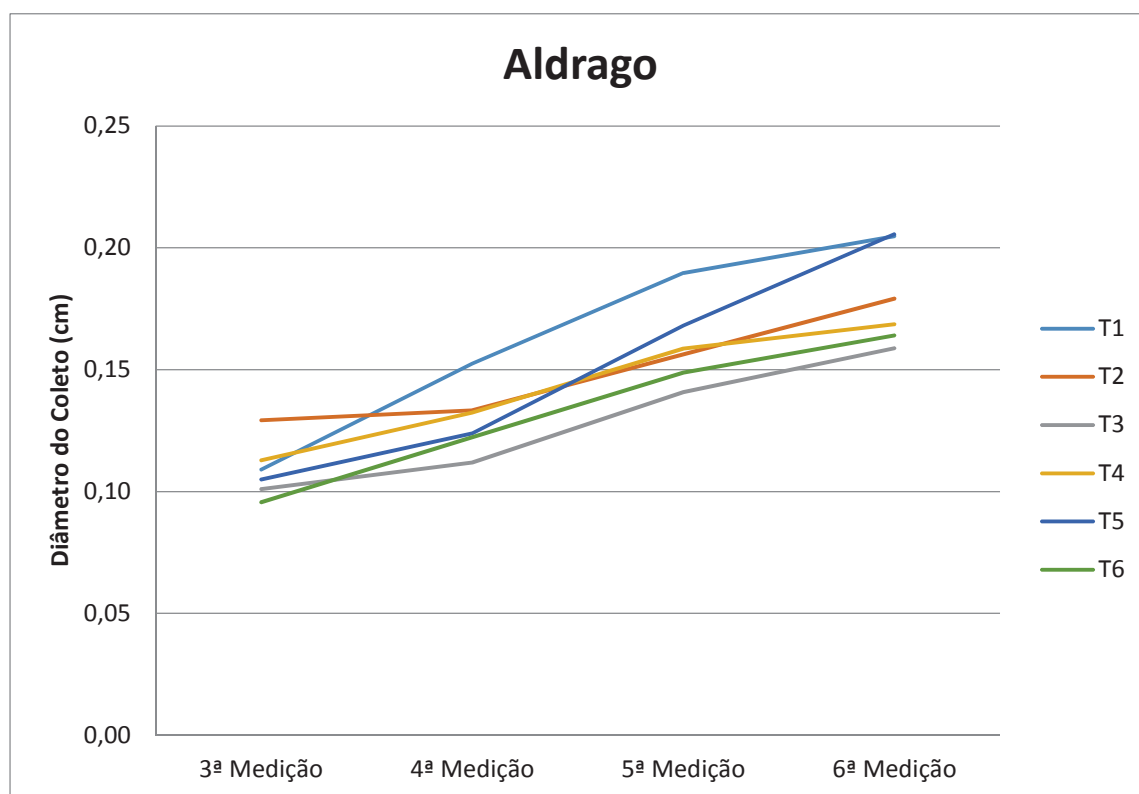
Legenda: (a) crescimento em relação a altura da Aroeira; (b) crescimento em relação a altura do Aldrigo,

Fonte: O autor, 2018.

Figura 43 - Crescimento das mudas ao longo das medições em relação ao diâmetro



(a)



(b)

Legenda: (a) crescimento em relação ao diâmetro do coleto da Aroeira. (b) crescimento em relação ao diâmetro do coleto de Aldrago.

Fonte: O autor, 2018.

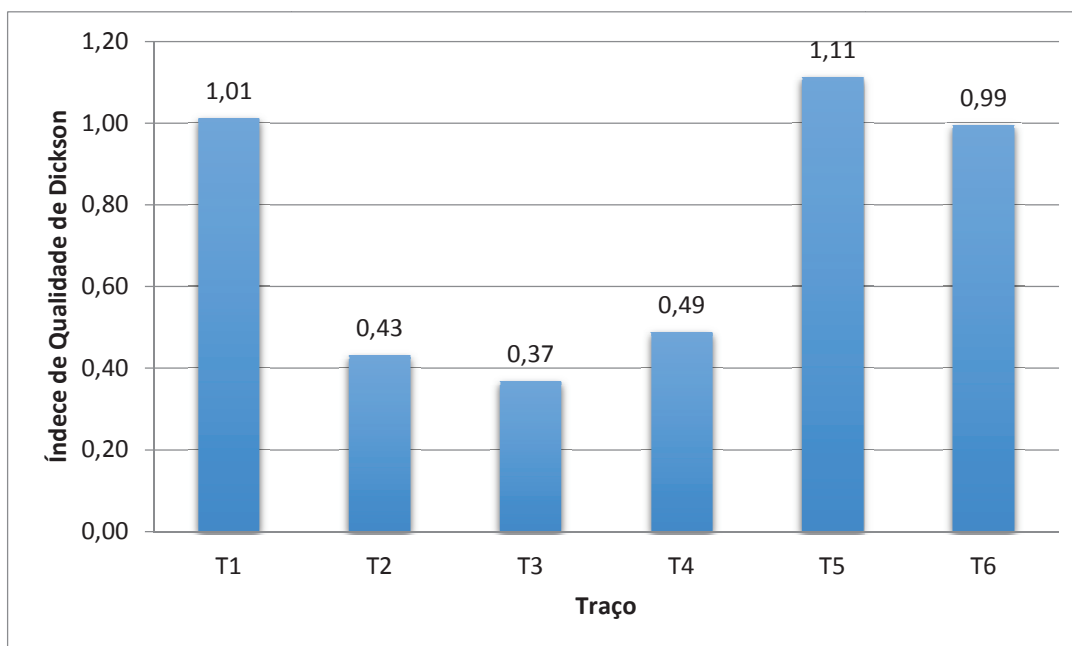
Como já era de se esperar, a taxa de crescimento tanto em relação à altura como em relação ao diâmetro do coleto foi superior para a Aroeira em comparação ao Aldrigo. Verifica-se que em relação à altura, para ambas as espécies a taxa de crescimento foi gradativa ao longo das medições e em cada medição a taxa se elevou. Já em relação ao diâmetro do coleto não se observaram taxas mais elevadas entre as medições, apesar de se observar o crescimento também gradativo.

Também se verificou que os traços que possuem uma quantidade maior de lodo de ETA (T2, T3 e T4) tiveram uma taxa de crescimento menor do que as que possuem uma quantidade menor de lodo de ETA (T1, T5e T6). Isso, provavelmente se deve ao fato de o lodo de ETA apresentar quantidade insuficiente de nutrientes. O traço T5 apresentou um crescimento maior em relação à altura da Aroeira. Já em relação à altura do Aldrigo, T5 apresentou um crescimento levemente inferior que T1. Em relação ao diâmetro do coleto T5 apresentou um crescimento maior em ambas as espécies. Assim, pode-se concluir que o traço T5, dentre os que contém lodo de ETA em sua composição, foi o que apresentou melhor taxa de crescimento, tanto para altura, quanto para o diâmetro do coleto nas duas espécies analisadas.

4.6 Índice da Qualidade de Dickson

O Índice da Qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador da qualidade das mudas, pois os cálculos consideram a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas. O experimento para o cálculo do IQD só pôde ser realizado com a espécie *Schinus molle* (Aroeira Pimenteira), já que o experimento, acidentalmente foi desmontado antes da medição da outra espécie. Assim, para essa espécie, o IQD de cada traço está representado na Figura 44.

Figura 44 - Índice de Qualidade de Dickson dos Traços



FONTE: O Autor, 2018.

Os traços T1, T5 e T6 são os que apresentaram maiores valores para IQD, sendo o T5 com melhor resultado (1,11). Os traços T2, T3 e T4 foram o que apresentaram os menores IQD.

Em “Materiais e Métodos” foram apresentadas nas Figuras 37e, 37f, 37g as raízes de T5, T3 e T2 e pode-se verificar a diferença entre elas. A raiz de T5 é uma raiz superior, mais robusta e mais ramificada. Raízes assim absorvem melhor os nutrientes do solo. Assim, na análise da variável IQD, também o traço T5 apresentou melhor resultado.

4.7 Análises dos benefícios da incorporação do lodo de ETA no substrato

Todas as análises realizadas nos experimentos indicaram que o traço contendo lodo de ETA que melhor apresentou resultado geral foi o traço T5, contendo 25% de lodo de ETA e 75% de lodo de ETE. Sendo assim esse traço é que foi levado em consideração nos cálculos dos benefícios da incorporação de lodo de ETA para produção de mudas florestais de espécies da Mata Atlântica.

Para análise dos benefícios foram verificadas as seguintes variáveis:

- Volume e custo evitado de recursos naturais que seriam utilizados caso não houvesse a incorporação do lodo de ETA (Tabela 20); e

- Volume e custo evitado da disposição do lodo de ETA em aterro sanitário (Tabela 21).

Por fim, procedeu-se com uma análise mais ampla relacionada ao custo anual evitado total já que a companhia de saneamento é a mesma que opera a ETA e o viveiro (Tabela 22).

Tabela 20 - Volume e Custo evitado de recursos naturais

	Valores	Unidade
Substrato utilizado no viveiro	15.000	m ³ /ano
Lodo ETE utilizado atualmente	50	%
Solo utilizado atualmente	50	%
Solo utilizado no viveiro - Vr	7.500	m ³ /ano
Custo praticado no ERJ (EMOP, 2014)	48,00	R\$/m ³
Índice de Reajuste pelo (IPCA, 2014)	1,20	
Custo evitado de recursos naturais - Cr	432.000,00	R\$/ano

FONTE: O autor, 2018.

Tabela 21 - Volume e Custo evitado de disposição em aterro

	Valores	Unidade
Substrato utilizado no viveiro	15.000	m ³ /ano
Lodo de ETE no traço T5	75	%
Lodo de ETA no traço T5	25	%
Lodo de ETA destinado ao viveiro - Vd	3.750	m ³ /ano
Peso específico do lodo de ETA	0,36	ton/m ³
Peso de Lodo de ETA	1.350	ton/ano
Custo de disposição adotado (LIMA, 2014)	180	R\$/ton ³
Índice de Reajuste (IPCA, 2014)	1,20	
Custo evitado da disposição final- Cd	291.600	R\$/ano

FONTE: O Autor, 2018

Tabela 22 - Custo total evitado

Custo evitado de recurso natural adquirido - Cr [R\$/ano]	Custo evitado disposição final de lodo de ETA – Cd [R\$/ano]	Custo total evitado pela companhia de saneamento Ct [R\$/ano]
432.000,00	291.600,00	723.600,00

FONTE: O Autor, 2018

Assim, verifica-se que o volume anual de solo que deixaria de ser extraído das jazidas naturais seria equivalente a 7.500m³ e o custo anual evitado da aquisição deste solo seria de R\$ 432.000,00 (quatrocentos e trinta e dois mil reais). Ainda, o volume anual de lodo de ETA que seria aproveitado e não destinado ao aterro é de 3.750 m³ e o custo evitado desta destinação seria de quase R\$ 300.000,00 (trezentos mil reais) ao ano. Por fim, para a companhia, o custo evitado pela substituição do solo comercial pelo lodo de ETA seria de mais R\$ 720.000,00 (setecentos e vinte mil reais) por ano.

Para este cálculo levou-se em consideração a produção de somente um viveiro. Porém atualmente a CEDAE possui mais de 6 viveiros em operação que poderiam utilizar esse substrato. Considerando somente o viveiro de Magé, verifica-se que ele absorve toda a produção de lodo da ETA Porto das Caixas (180 m³ ao ano) e ainda faltaria. Cerca de 95% do consumo de lodo de ETA pelo viveiro de Magé poderia ser absorvido de outras ETAs operadas pela companhia.

Além dos custos evitados, para o meio ambiente, essa substituição é muito benéfica já que deixaria de adquirir anualmente 7.500 m³ de um recurso natural finito e aumentaria a vida útil do aterro sanitário, pois deixaria de aterrar 3.750 m³ de resíduo por ano. Outro fator a ser levado em consideração é que a companhia estaria em acordo com as legislações vigentes, uma vez que a ordem de prioridade da PNRS é a reutilização e a reciclagem antes da disposição final.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, no presente trabalho avaliou-se o potencial da incorporação do lodo gerado em estação de tratamento de água em substrato para a produção de mudas de espécies nativas da mata atlântica. Observou-se inicialmente, como já era de se esperar, que nos traços com somente lodo de ETA (T2) ou este em elevada proporção na composição do substrato (T3), não houve boa evolução das mudas, além deles apresentarem as mais baixas trabalhabilidades para enchimento dos sacos. Por outro lado, os traços contendo maior proporção de lodo de ETE em relação ao lodo de ETA (T5) garantiram boa evolução das mudas.

Em relação a análise química, observou-se uma maior concentração dos elementos alumínio e ferro em todos os insumos, com grande destaque no lodo da ETA. O lodo de ETE obteve maiores concentrações em relação aos macro e micronutrientes essenciais para o crescimento das mudas, destacando-se nos elementos Cálcio, Fósforo, Zinco e Cobre. O que o torna essencial para a incorporação no substrato para plantio de mudas florestais. Somente lodo de ETA, não alcançaria os resultados esperados.

Verificou-se que quanto maior a quantidade de lodo de ETA no substrato maior o teor de umidade dos traços. Já em relação à granulometria não se observou uma variação gradual dos componentes conforme esperado e nem um percentual elevado de finos (argila e siltes). Mesmo com a porcentagem de argila pequena, observa-se um comportamento argiloso do T2 além de um alto teor de umidade. Ainda, a granulometria os traços T1, T5 e T6 apresentam as melhores proporções de silte e areia fina onde as plantas melhor se adaptam.

Em relação a trabalhabilidade, verificou-se que quando maior o teor de umidade maior foi o tempo de enchimento dos sacos. Dessa forma, é possível concluir que elevadas proporções de lodo de ETA levam a um maior teor de umidade no traço e conseqüentemente a um maior tempo de enchimento dos sacos. Assim, essa proporção de lodo de ETA no substrato se torna um fator limitante para a produção de mudas em escala.

Em se tratando dos parâmetros de sobrevivência das mudas o experimento demonstrou que para todos os traços, a taxa de sobrevivência da Aroeira Pimenteira foi bastante elevada. Destaque deve ser dado ao traço T5 que dentre aqueles que apresentam lodo de ETA em sua composição foi o único que alcançou 100% de sobrevivência. Apesar de no caso do Aldrigo este traço não ter alcançado 100% de sobrevivência, ele foi também o responsável por apresentar a maior taxa de sobrevivência dessa espécie nos traços com lodo de ETA em sua composição.

Em relação à altura das mudas e ao diâmetro do coleto, é possível concluir que tanto para a Aroeira Pimenteira como para o Aldrago, dentre os traços que contém lodo de ETA em sua composição, o melhor crescimento foi observado para o traço T5. No caso da Aroeira Pimenteira esse crescimento observado no T5 foi inclusive muito próximo ao observado no traço T6. Em relação ao diâmetro do coleto, a mesma conclusão pode ser tirada. O traço T5 também apresentou o maior Índice de Qualidade de Dickson, inclusive superior àquele apresentado pelo traço testemunho.

Observou-se ao longo dessa conclusão que o traço T5 se destacou em praticamente todas as avaliações apresentadas, se mostrando um bom substrato para o crescimento das mudas estudadas. Considerando-se então a composição do traço T5, nas condições atuais de operação do viveiro de mudas da CEDAE é possível obter uma economia anual superior a R\$ 720 mil reais, em relação ao custo evitado pela aquisição do solo e disposição de lodo de ETA em aterro sanitário.

Além do benefício econômico, há que se levar em consideração o benefício ambiental, já que se passa a evitar a retirada de um recurso natural do ambiente, além de se permitir o aumento da vida útil do aterro sanitário.

6. RECOMENDAÇÕES

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, observaram-se alguns aspectos relevantes para a discussão dos resultados, mas que não foram abordados por não fazerem parte do escopo do trabalho. Dessa forma, seguem as seguintes recomendações para o desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas ao tema:

- Na presente pesquisa, os parâmetros químicos foram analisados somente no lodo de ETA e não nos traços compostos. Dessa forma, sugere-se para pesquisas futuras que as análises químicas também sejam realizadas para os substratos compostos por lodo de ETE e lodo de ETA nas diferentes proporções.
- A pesquisa também não analisou os riscos biológicos envolvidos na produção de mudas com composição de lodo de ETA e ETE. Sugere-se que análises microbiológicas sejam realizadas nos traços dos substratos.
- Como neste trabalho foram geradas diversas variáveis, tais como parâmetros químicos do lodo de ETA, teor de umidade e granulometria dos traços, trabalhabilidade dos traços, altura das mudas das diferentes espécies, diâmetro dos coletos das diferentes espécies e IQD também das espécies em cada traço, sugere-se que em novos trabalhos sejam realizados estudos de regressão linear e correlação entre as variáveis para permitir conclusões mais precisas sobre possíveis relações entre as mesmas e o desenvolvimento das mudas.

REFERÊNCIAS

ABEL, Elton Luis da Silva. Replantando Vida: Rio de Janeiro: Cedae, 2017. 33 slides, color. Slide apresentado na Semana de Meio Ambiente - CEDAE.

ABREU, Alan Henrique Marques de et al. Characterization of sewage sludge generated in Rio de Janeiro, Brazil, and perspectives for agricultural recycling. *Semina: Ciências Agrárias*, [s.l.], v. 38, n. 41, p.2433-2448, 25 ago. 2017. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4supl1p2433>.

ABREU, Alan Henrique Marques de. *Biossólidos na Produção de Mudanças Florestais da Mata Atlântica*. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Rio de Janeiro, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. *Panorama Nacional Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água*. Brasília: Engercorps/cobrape, 2010. 2 v.

AHMAD, T.; AHMAD, K.; ALAM, M.. Characterization of Water Treatment Plant's Sludge and its Safe Disposal Options. *Procedia Environmental Sciences*, [s.l.], v. 35, p.950-955, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.088>.

ANDRADE, Clarice de et al. Compósito para a construção civil a partir de resíduos industriais. *Matéria (Rio de Janeiro)*, [s.l.], v. 21, n. 2, p.321-329, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620160002.0031>.

ANDREOLI, Clerverson V. et al. Produção, composição e constituição de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA). In: ANDREOLI, Clerverson V. (Org.). *Alternativas de usos de resíduos do saneamento*. Rio de Janeiro: Abes, 2006. Cap. 3. p. 29-47.

ANDREOLI, Clerverson V.. *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema*. 1999. 278 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ARAÚJO, F. C. et al. Caracterização física do resíduo de uma estação de tratamento de água para sua utilização em materiais de construção. *Cerâmica*, [s.l.], v. 61, n. 360, p.450-456, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613601931>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216: Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público - Procedimento. 1 ed. [s.i]: Abnt, 1992. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. 1 ed. [s.i]: Abnt, 1995. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação. 2 ed. [s.i]: Abnt, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. 2 ed. [s.i]: Abnt, 1986. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. 2 ed. [s.i]: Abnt, 1968. 12 p.

AUGUSTO, J. LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PLANTAS DA CAATINGA. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental., Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

BABATUNDE, A. O.; ZHAO, Y. Q.. Constructive Approaches Toward Water Treatment Works Sludge Management: An International Review of Beneficial Reuses. *Critical Reviews In Environmental Science And Technology*, [s.l.], v. 37, n. 2, p.129-164, jan. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10643380600776239>.

BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S.. Problemática dos metais nos resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: Abes, 2001. p. 1 - 1.

BASIBUYUK, M.; KALAT, D.g.. The use of waterworks sludge for the treatment of vegetable oil refinery industry wastewater. *Environmental Technology*, [s.l.], v. 25, n. 3, p.373-380, mar. 2004. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330409355471>.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R.. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. (Org.). *Uso agrícola de lodo de esgoto*. Botucatu: Fepaf, 2010. p. 31-50.

BETTIOL, Wagner; CAMARGO, Otávio Antônio de. *Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 349 p.

BITTENCOURT, Simone et al. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [s.l.], v. 17, n. 3, p.315-324, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522012000300008>.

BITTENCOURT, Simone et al. USO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO, ESTUDO DE CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. *Revista Aidis: de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica.*, Juriquilla, v. 2, n. 1, p.1-11, 2009.

BRASIL. Constituição (1998). Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.. *Lei de Crimes Ambientais*. Brasília, BR: Diário Oficial da União, 13 fev. 1998.

BRASIL. Constituição (2005). Resolução nº CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Conama 357*. Brasil, DF: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005.

BRASIL. Constituição (2006). Resolução nº CONAMA 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Resolução Conama 375. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 30 ago. 2006.

BRASIL. Constituição (2010). Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; o altera a Lei n 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, BR: Diário Oficial da União, 03 ago. 2010.

BRASIL. Constituição (2017). Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. 1. ed. Brasília: Diário Oficial, 29 jul. 2017.

BRASÍLIA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. .Mata Atlântica:Manual de Adequação Ambiental. Brasília: e, 2010. 96 p. (Série Biodiversidade, 35).

CARNEIRO, Charles et al. Caracterização do lodo da ETA gerado no Estado do Paraná. In: CARNEIRO, Charles; ANDREOLI, Cleverson V. (Org.). Lodo de Estação de Tratamento de Água: Gestão e Perspectiva Tecnológica. Curitiba: Sanepar, Thinks Criative, 2013. Cap. 3. p. 132-179.

CARNEIRO, J. G. A: Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: Embrapa Florestas, 1995. 451 p.

CECCON, Eliane; PÉREZ, Daniel Roberto (Org.). Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editore, 2016. 384 p.

COLORADO. Constituição (2004). Regulation nº 5 CCR 1003, de 21 de abril de 2004. The purposes of these regulations are to ensure that the quality of waste discharged on land for beneficial uses is reasonably consistent with the protection of the public health and to establish rule. Beneficial Use Of Water Treatment Sludge And Fees Applicable To The

Beneficial Uses Of Sludges. Colorado, EUA: Department Of Public Health And Environment, 30 jun. 2004.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS - CEDAE (Rio de Janeiro). Diagrama Esquemático da ETA Laranjal. Disponível em: <http://www.cedae.com.br/estacoes_tratamento>. Acesso em: 24 jun. 2018.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS - CEDAE (Rio de Janeiro). Entenda como Funcionam as ETAs. 2017. Disponível em: <http://www.cedae.com.br/como_funcionam>. Acesso em: 24 jun. 2017.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS - CEDAE (Rio de Janeiro). Governo do Estado do Rio de Janeiro. RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE 2017. Rio de Janeiro: Cedae, 2018. 92 p.

CORDEIRO, João Sérgio. Importância do Tratamento e Disposição Adequada dos Lodos de ETAs. In: MARCO ANTONIO PENALVA REALI (Rio de Janeiro). Prosab (Org.). Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro: Abes, 1999. Cap. 1. p. 1-20.

CORNWELL, D. A. et al. Landfilling of water treatment plant coagulant sludges: Water treatment and operations. Usa: Awwa, 1992.

COSIN, Shirley et al. ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, Florianópolis. Anais... . Florianópolis: Ictr, 2004. p. 2513 - 2524.

DEMATOS, M. et al. Redução do Volume de Lodo Gerados em ETAs: A Proposta de Recuperação do Coagulante pelo Processo de Acidificação no Sistema Rio Manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: Abes, 2001. p. 1 - 1.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela di Bernardo; VOLTAN, Paulo Eduardo Nogueira. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Ldibe, 2012. 540 p.

DICKSON, Alexandre; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. Uality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. [s.i]: The Forestry Chronicle, 1960.

DUARTE, Rômulo Fredson et al. Crescimento inicial de mudas de Acacia mangium cultivadas em mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. Revista Árvore, [s.l.], v. 35, n. 1, p.69-76, fev. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622011000100008>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. MANUAL DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLOS: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-cnps, 1997. 212 p.

EPSTEIN, Emanuel. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. São Paulo: Universidade de São Paulo e Livros Tec. e Cient. Editora, 1975. 1975 p.

FAQUIN, Valdemar. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. Lavras: Faepe, 2005.

FIGUEIREDO NETO, Abner. UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ÁRVORES COM OCORRÊNCIA NO CERRADO.2011. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Meio Ambiente. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA (Brasil). Ministério da Saúde. Manual de Saneamento. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

GARCIA, Giovanni de Oliveira et al. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de bio sólidos. Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 41, n. 1, p.87-94, 2010.

GOMES, José Mauro et al. ARÂMETROS MORFOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS DE Eucalyptus grandis. Árvore, Viçosa, v. 26, n. 6, p.655-664, 2002.

GOOGLE. Mapa da ETA Porto das Caixas - Município de Itaboraí/ RJ. 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/eta+porto+das+caixas/@-22.7823329,43.176793,38501m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

HSIEH, Hsin-neng; RAGHU, Dorairaja. Characterization of Water Treatment Residuals and Their Beneficial Uses. In: GEOTECHNICS OF WASTE MANAGEMENT AND REMEDIATION, 177, 2008, New Orleans. Anais... . New Orleans: Asce/library, 2008. p. 1 - 1.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Municípios, total e por existência de geração de lodo no processo de tratamento da água, por destino do lodo gerado, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação. 2008. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2008/default.shtm>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS. 8. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2017. 940 p.

KATAYAMA, Victor Takazi et al. Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [s.l.], v. 20, n. 4, p.559-569, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020040105046>.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, José Valter. Incorporação de Lodo de Decantador na Fabricação de Blocos Cerâmicos. In: ENCONTRO TÉCNICO DE EMPREGADOS DE NÍVEL UNIVERSITÁRIO DA CEDAE - UNICEDAE, Não use números Romanos ou letras, use somente números Árabicos., 2014, Rio de Janeiro. Resumo Extendido. Rio de Janeiro: Cedae, 2014. p. 1 - 8.

LORENZI, Harri. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil.. 2. ed. São Paulo: Editora Plantarum, 2008. 384p.

MAGALHÃES, Tiago de Brito. USO AGRÍCOLA DE BIODÉTRITOS: ANÁLISE CRÍTICA DA RESOLUÇÃO CONAMA 375/2006 NA PERSPECTIVA DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCO MICROBIOLÓGICO. 2012. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Universidade Federal de Viçosa,, Universidade Federal de Viçosa,, Viçosa, 2012.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.. Potencial do lodo como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 109-142.

MODESTO, Priscila Torres et al. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [s.l.], v. 33, n. 5, p.1489-1498, out. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832009000500039>.

MOTTA, Antônio Carlos Vargas et al. Disposição de Lodo de Estação de Tratamento de Água em Área Degradada. In: CARNEIRO, Charles; ANDREOLI, Cleverson V.. Lodo de Estação de Tratamento de Água: Gestão e Perspectiva Tecnológica. Curitiba: Sanepar, Think's Creative, 2013. Cap. 11. p. 442-480.

NASCIMENTO, Valdilei Camilo et al. Quantificação e proposta de destinação final de lodo de decantador da Estação de Tratamento de Água (ETA) em Itabirito, MG. Petra, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p.38-56, 10 jul. 2017.

NETTO, José Martiano de Azevedo et al. Manual de Hidráulica. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 670 p.

OLIVEIRA, Maria Cristina de et al. Manual de Viveiro e Produção de Mudanças: Espécies Arbóreas Nativas do Cerrado. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado,, 2016. 124 p.

PAIVA, Ary Vieira de et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 84, p.499-511, dez. 2009.

PINTO, Carlos de Souza. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 359 p.

POZZOBON, João Carlos; LUCAS, Juiana Fenner Ruas; MORA, Nora Díaz. Uso do Lodo de ETA na Fabricação de Cerâmica Artística. In: CARNEIRO, Charles; ANDREOLI, Cleverson V.. Lodo de Estação de Tratamento de Água: Gestão e Perspectiva Tecnológica. Curitiba: Sanepar, Thinks Criative, 2013. Cap. 13. p. 502-538.

QUINTANA, Núria Rosa Gagliardi; CARMO, Maristela Simões do; MELO, Wanderley José de. VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA, ESTADO DE SÃO PAULO. Informações Econômicas, São Paulo, v. 39, n. 6, p.31-36, jun. 2009.

REALI, Marco Antonio Penalva. Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodo de ETA. In: REALI, Marco Antonio Penalva (Org.). Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro: Abes, 1999. Cap. 2. p. 21-40.

RICCI, Alexandro Batista; PADOVANI, Vera Cristina Ramalho; PAULA JÚNIOR, Durval Rodrigues de. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado: I - atributos físicos e revegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [s.l.], v. 34, n. 2, p.535-542, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000200027>.

RICHTER, Carlos A.. Água:Métodos e Tecnologia de Tratamento. São Paulo: Blucher, 2009.

RICHTER, Carlos A.. Tratamento de Lodo de Estação de Tratamento de Água. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 102 p.

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de Azevedo. Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada. 9. ed. São Paulo: Blucher, 1991.

ROCHA, Damião Noel et al. Utilização do lodo da estação de tratamento de água na produção de mudas de eucalipto. *Revista Agrogeoambiental*, [s.l.], v. 7, n. 3, p.11-20, 30 out. 2014. IFSULDEMINAS (Instituto Federal do Sul de Minas). <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v7n32015617>.

RODRIGUES, L. P.; HOLANDA, J. N. F.. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. *Cerâmica*, [s.l.], v. 59, n. 352, p.551-556, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132013000400010>.

RODRIGUES, M.s.; PUGET, F. P.; OLIVEIRA, M. D.. Avaliação da viabilidade de utilizar lodo de ETA na produção de tijolo solo-cimento com meio de destinação final para ETA Carapina - CESAN-ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. *Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*.. Recife: Abes, 2009. p. 1 - 1.

SANTOS, Ednaldo Ramos dos. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E TOXICIDADE DO LODO DE ESGOTO DA ESTAÇÃO MANGUEIRA, PERNAMBUCO, BRASIL.2009. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Coordenação Geral de Pós-graduação, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009.

SCALIZE, P. S. Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilizam sulfato de alumínio como coagulante primário. 1997. 220 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

SCHEER, Maurício Bergamini et al. Crescimento e Nutrição de Mudas de *Lafoensia pacari* com Lodo de Esgoto. *Floresta e Ambiente*, [s.l.], v. 19, n. 1, p.55-65, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.007>.

SILVA JUNIOR, A.p. da; ISSAC, R. de L.. Adensamento por Gravidade de Lodo de ETA Gerado em Decantador Convencional e Decantador Laminar. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27., 2002, Cancún. Anais do XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental,. Cancún: Aidis, 2002. p. 1 - 1.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO - SNIS (Brasil). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

SOUZA, Francisco Glaucio Cavalcanti de; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, João Sergio. Estudo comparativo da geração de sólidos em estação de tratamento de água convencional de ciclo completo e eta ciclo completo com decantador de alta taxa. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, San Ruan. Anais do XXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental,. San Ruan: Aidis, 2004. p. 1 - 7.

TARTARI, R. et al. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte II. Cerâmica, [s.l.], v. 57, n. 344, p.387-394, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132011000400003>.

TAVARES, R. G.; KATO, M. T.. Caracterização Quantitativa e Qualitativa do Resíduos Sólidos Gerados nas ETAs da Região Metropolitana de Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinvile. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinvile: Abes, 2002. p. 1 - 1.

TEIXEIRA, S. R. et al. Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural. Cerâmica, [s.l.], v. 52, n. 323, p.215-220, set. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132006000300016>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA . METHOD 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Waste by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. Revision 4.4 ed. Cincinnati: Emmc - Methods Work Group, 1994. 59 p.

ANEXO A – RELATÓRIO DE ENSAIO – GELAB N° 1175/13

Relatório de Ensaios GELAB Nº 1175/13

Revisão 00

Cliente	COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS-CEDAE	Telefone	02121-85280916
Endereço	RUA DO ACRE LOTEAMENTO SANTA CECÍLIA	Contato(s)	
e-mail	jvalterlima@cedae.com.br	Fax	
Amostra(s)	Sedimento-LODO DA ETA/CEDAE	Recepção	28/06/13

Amostra	MATERIAL SÓLIDO DA ETA DE PORTO DAS CAIXAS	Código	1175/13-01	Coleta em	27/06/13 15:30
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método	Data do Ensaio
Fenóis totais (caracterização/solubilizado)	0,1	mg/L		SM 5530 A/B/C/D	16/07/13
Cloreto (caracterização/solubilizado)	9,5	mg/L	1	SM 4500Cl- A/B	31/08/13
Sulfato (caracterização/solubilizado)	50	mg/L	2	SM 4500-SO ₄ A/E	07/08/13
Fluoreto (caracterização/solubilizado)	0,24	mg/L		SM 4500-F- A/B/D	24/07/13
Alumínio (caracterização/solubilizado)	< 0,1	mg/L	0,5	SM 3111D	
Cádmio (caracterização/lixiviado)	< 0,01	mg/L	0,005	SM 3111B	09/07/13
Cobre (caracterização/solubilizado)	0,005	mg/L	0,01	SM 3111B	09/07/13
Cromo total (caracterização/lixiviado)	< 0,05	mg/L	0,05	SM 3111B	09/07/13
Mercúrio (caracterização/lixiviado)	<0,0001	mg/L	0,0001	SM 3112B	10/07/13
Prata (caracterização/lixiviado)	< 0,05	mg/L	0,05	SM 3111B	09/07/13
Toxicidade/Danio rerio CL(I) 50 - 48h	>100%	%	-	ABNT NBR 15088	03//07/13
Bário (caracterização/lixiviado)	1,4	mg/L	0,5	SM 3111D	09/07/13
Bário (caracterização/solubilizado)	0,15	mg/L	0,5	SM 3111D	09/07/13
Chumbo (caracterização/lixiviado)	< 0,1	mg/L	0,10	SM 3111B	09/07/13
Chumbo (caracterização/solubilizado)	0,01	mg/L	0,10	SM 3111B	09/07/13
Cromo total (caracterização/solubilizado)	< 0,01	mg/L	0,05	SM 3111B	09/07/13
Ferro (caracterização/solubilizado)	1,4	mg/L	0,10	SM 3111B	09/07/13
Manganês (caracterização/solubilizado)	13	mg/L	0,02	SM 3111B	09/07/13
Mercúrio (caracterização/solubilizado)	<0,0001	mg/L	0,0001	SM 3112B	10/07/13
Prata (caracterização/solubilizado)	< 0,01	mg/L	0,05	SM 3111B	09/07/13
Zinco total (caracterização/solubilizado)	0,20	mg/L	0,01	SM 3111B	09/07/13
Cádmio (caracterização/solubilizado)	0,002	mg/L	0,005	SM 3111B	09/07/13
Subst. tensoat. reação ao azul de metileno (caracterização/solubilizado)	1,80	mg/L		SM 5540 A/C	09/07/13

DESCRIPTIVO DO ENSAIO ECOTOXICOLÓGICO

TIPO DE ENSAIO: Toxicidade aguda em peixes *Danio rerio*

MÉTODOS UTILIZADOS: ABNT NBR 15469 - Ecotoxicologia Aquática - Preservação e Preparo de Amostras e ABNT NBR 15088:2011- Ecotoxicologia Aquática - Toxicidade aguda - Método de Ensaio com Peixes.

PREPARO DA AMOSTRA: A fração solúvel da amostra em água (FSA) foi preparada na proporção de 1:9 (500g do produto e 4500mL de água de diluição) segundo a metodologia descrita em NBR 15469 (ABNT,2007). Esta mistura foi agitada durante 20 horas em agitador e decantada por 1 hora. Após esse período a fração aquosa foi retirada e utilizada como solução-estoque(100% da FSA) para o preparo das seguintes soluções teste:100%,50%,25%,12,5% e 6.3%

RESULTADOS DO ENSAIO ECOTOXICOLÓGICO

CONDIÇÕES DE TESTE									
Início: 03/07/13			24 horas: 04/07/13				48 horas: 05/07/13		
Diluição%%	Nº Org. ensaio	pH	OD mg/L	pH	OD mg/L	Org. mortos	pH	OD mg/L	Org. mortos
100	10	6,3	8,1	5,8	7,7	0	5,8	7,9	0
50	10	6,7	-	6,2	-	0	6,3	-	0
25	10	7,0	-	6,6	-	0	6,6	-	0
12,5	10	7,2	-	6,6	-	0	6,7	-	0
6.3	10	7,4	8,8	6,7	8,2	0	6,8	8,5	0
controle	10	7,6	8,6	7,0	9,0	0	7,1	9,0	0

CL(I) 50-48h > 100%

A Fração Solúvel em Água (FSA) não apresentou toxicidade aguda aos organismos testados

Os resultados relatados se restringem às amostras ensaiadas. O mesmo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O prazo de guarda de amostras é de 15 dias após emissão do relatório de ensaios não se aplicando a amostras perecíveis.

Relatório de Ensaios GELAB Nº 1175/13

Revisão 00

Cliente	COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS-CEDAE	Telefone	02121-85280916
Endereço	RUA DO ACRE LOTEAMENTO SANTA CECÍLIA	Contato(s)	
e-mail	jvalterlima@cedae.com.br	Fax	
Amostra(s)	Sedimento-LODO DA ETA/CEDAE	Recepção	28/06/13

Legenda

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st. Edition, 2005.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

LQ: Limite de Quantificação.

IAL: Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 1985.

CL(I) 50- 48h - Concentração nominal da amostra no início do ensaio, que causa efeito a 50% dos organismos no período de 48 horas, nas condições de ensaio.

Informações de Coleta

A coleta é efetuada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente. O cliente deve seguir os folhetos contendo os critérios para o acondicionamento e a preservação de amostras e as Instruções de Segurança na Manipulação de Reagentes e Soluções baseadas no: 1 . POP-INEA-DIMAM-GELAB-212 - Procedimento Operacional Padrão - Acondicionamento e Preservação de Amostras; 2. Standards Methods for Examination of Water and Wastewater, 21ª Ed, 2005; 3. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos da ANA & CETESB, 2011; 4. Normas NBR 9898, 9897, 10007, 15469 da ABNT; 5 - United States Environmental Agency protection - EPA - Methods: 6010C, 8260B, 8270B, 8082A.

Rio de Janeiro, 13 de agosto de 2013.



Raquel Emerick Pereira
Mencarini
Química
390.527-0
Chefe de Serviço



Andrea Seda da Silveira
Braz Pinto*
Química
390.315-0
Chefe de Serviço



Marta Regina Miraldes
Bulus*
Bióloga
2701389-5
Chefe de Serviço



Márcia Drolshagen
Engenheira Química
3627049-4
GERENTE

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos

ANEXO B – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS TRAÇOS



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CERTIFICADO Nº LMS: 855 COM -01

PROJETO:	Cruz_Dissertação_2018	AMOSTRA:	T1
LOCAL:		POSIÇÃO:	
DESCRIÇÃO:	T1 - 50% lodo ETE + 50% solo		
PROFUNDIDADE:		DATA:	18/7/2017

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula Nº	551	204
Solo um.+tara(g)	76,84	78,92
Solo seco+tara(g)	73,92	75,91
Tara (g)	11,83	12,94
Água (g)	2,92	3,01
Solo seco (g)	62,09	62,97
Teor de umid.%	4,70	4,78
Média %	4,74	

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. total
Nº(ASTM)	mm(ABNT)	Retido	Passando	
2"	50	0,00		100
1 1/2"	38	0,00		100
1"	25	0,00		100
3/4"	19	0,00		100
3/8"	9,5	0,00		100
4	4,8	3,27	1338,25	100
10	2	20,44	1317,81	98

PENEIRAMENTO GROSSO (g)

PENEIRAMENTO FINO (g)

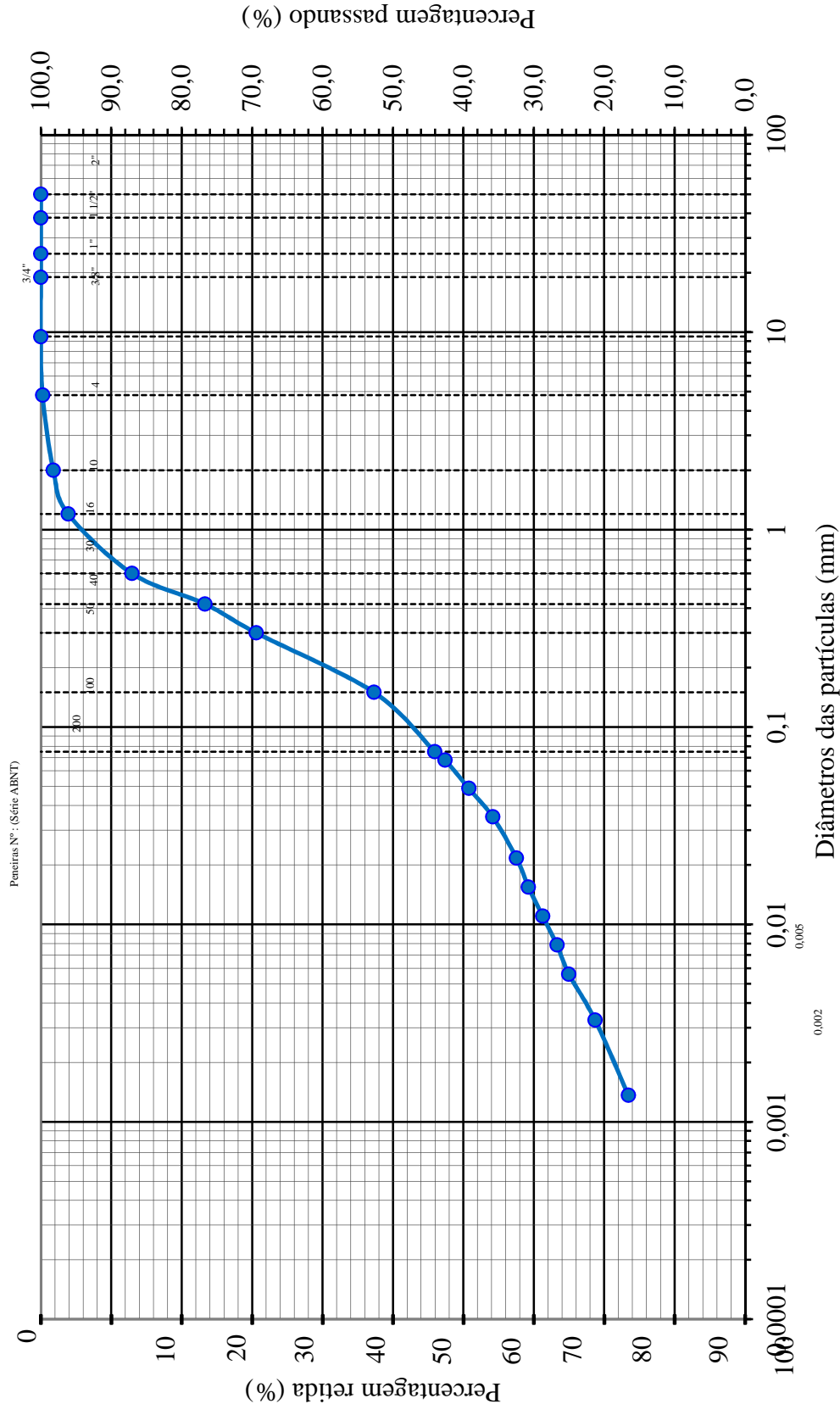
Amostra total úmida	Solo seco retido #10	Solo úmido pas. #10=(A-B)	Solo seco pas.#10=C/(100+h)	Amostra total seca =B+D	Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. parcial	% pas. am. total
					Nº	mm	Retido	Passando		
1404,00	23,7	1380,3	1317,8	1341,5	16	1,20	2,11	95,97	97,8	96
					30	0,60	9,03	86,94	88,6	87
					40	0,42	10,37	76,57	78,07	77
					50	0,30	7,24	69,33	70,69	69
					100	0,15	16,71	52,62	53,65	53
					200	0,075	8,63	43,99	44,85	44

SEDIMENTAÇÃO

Data	Hora	Tempo (seg)	Temperatura (oC)	Leitura (L)	Correção devido à temper.	Leitura corrigida (LC)	Altura de queda (LQ)	Diâmetro dos grãos (mm)	% Passando am. total
02/07/12	09:35	30	26,0	1028,0	-2,8	25,20	10,93	0,068	43
	09:36	60	26,0	1026,0	-2,8	23,20	11,26	0,049	39
	09:37	120	26,0	1024,0	-2,8	21,20	11,59	0,035	36
	09:40	300	26,0	1022,0	-2,8	19,20	11,11	0,022	32
	09:45	600	26,0	1021,0	-2,8	18,20	11,27	0,015	31
	09:55	1200	25,0	1020,0	-3,0	17,00	11,47	0,011	29
	10:15	2400	24,0	1019,0	-3,2	15,80	11,67	0,008	27
	10:55	4800	24,0	1018,0	-3,2	14,80	11,83	0,006	25
	13:35	14400	23,0	1016,0	-3,4	12,60	12,19	0,003	21
03/07/12	09:35	86400	24,0	1013,0	-3,2	9,80	12,65	0,001	17
Densímetro:	21768/11		Gs =	2,453	Proveta Nº	23	Área =	29,706	cm ²
Volume:	48,066								

Curva Granulométrica

Argila	Silte	Areia			Pedregulho	M
		Fina	Média	Grossa		





**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CERTIFICADO N° LMS: 855 COM -01

PROJETO:	Cruz_Dissertação_2018	AMOSTRA:	T2
LOCAL:		POSIÇÃO:	
DESCRIÇÃO:	T2 - 100% lodo ETA		
PROFUNDIDADE:		DATA:	27/7/2017

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula N°	366	32
Solo um.+tara(g)	73,77	72,64
Solo seco+tara(g)	66,69	65,82
Tara (g)	15,64	16,66
Água (g)	7,08	6,82
Solo seco (g)	51,05	49,16
Teor de umid.%	13,87	13,87
Média %	13,87	

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. total
N°(ASTM)	mm(ABNT)	Retido	Passando	
2"	50	0,00		100
1 1/2"	38	0,00		100
1"	25	0,00		100
3/4"	19	0,00		100
3/8"	9,5	0,00		100
4	4,8	0,00		100
10	2	55,60	996,22	95

PENEIRAMENTO GROSSO (g)

PENEIRAMENTO FINO (g)

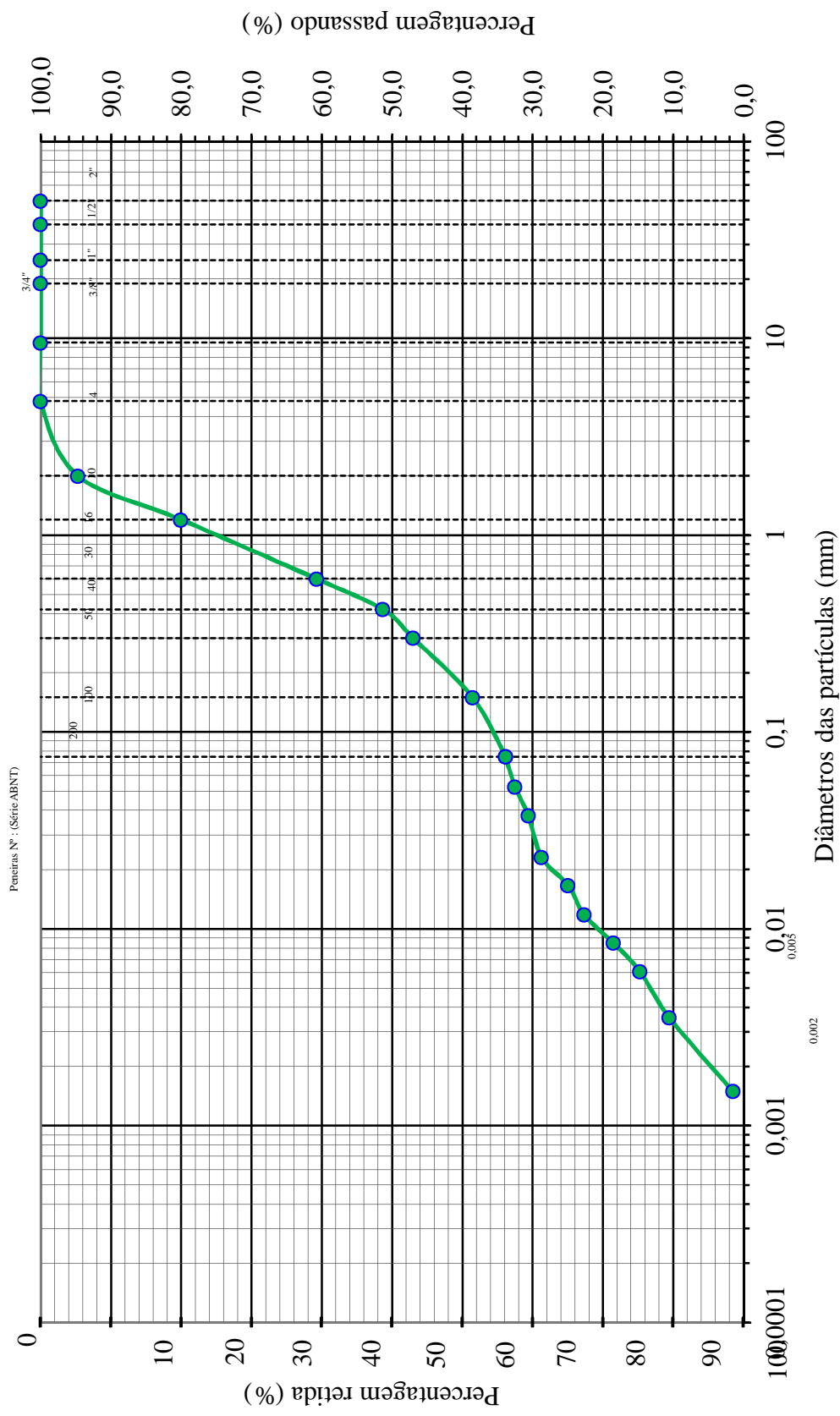
Amostra total úmida	1190,00	Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. parcial	% pas. am. total
		N°	mm	Retido	Passando		
Solo seco retido #10	55,6	16	1,20	13,48	73,60	84,5	80
Solo úmido pas. #10=(A-B)	1134,4	30	0,60	17,78	55,82	64,1	61
Solo seco pas.#10=C/(100+h)	996,2	40	0,42	8,64	47,18	54,18	51
Amostra total seca =B+D	1051,8	50	0,30	3,97	43,21	49,62	47
PENEIRAMENTO FINO (g)		100	0,15	7,78	35,43	40,69	39
Peso da amostra úmida=PU	99,16	200	0,075	4,30	31,13	35,75	34
Peso am.seca=PU/(100+h)	87,08						

SEDIMENTAÇÃO

Data	Hora	Tempo (seg)	Temperatura (oC)	Leitura (L)	Correção devido à temper.	Leitura corrigida (LC)	Altura de queda (LQ)	Diâmetro dos grãos (mm)	% Passando am. total
02/07/12	09:35	30	26,0	1021,0	-2,8	18,20	12,08	0,074	34
	09:36	60	26,0	1020,0	-2,8	17,20	12,25	0,053	33
	09:37	120	26,0	1019,0	-2,8	16,20	12,41	0,038	31
	09:40	300	26,0	1018,0	-2,8	15,20	11,74	0,023	29
	09:45	600	26,0	1016,0	-2,8	13,20	12,07	0,017	25
	09:55	1200	25,0	1015,0	-3,0	12,00	12,26	0,012	23
	10:15	2400	24,0	1013,0	-3,2	9,80	12,63	0,008	19
	10:55	4800	24,0	1011,0	-3,2	7,80	12,95	0,006	15
	13:35	14400	23,0	1009,0	-3,4	5,60	13,32	0,004	11
03/07/12	09:35	86400	24,0	1004,0	-3,2	0,80	14,11	0,001	2
Densímetro:	21768/11		Gs = 2,356		Proveta N° 10		Área = 28,747		cm ²
Volume:	48,066								

Curva Granulométrica

Argila	Silte	Areia			Pedregulho	M
		Fina	Média	Grossa		





**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CERTIFICADO Nº LMS: 855 COM -01

PROJETO:	Cruz_Dissertação_2018	AMOSTRA:	T3
LOCAL:		POSIÇÃO:	
DESCRIÇÃO:	T3 - 75% lodo ETA + 25% lodo ETE		
PROFUNDIDADE:		DATA:	27/7/2017

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula Nº	31	546
Solo um.+tara(g)	71,43	69,32
Solo seco+tara(g)	67,33	65,00
Tara (g)	17,10	12,18
Água (g)	4,10	4,32
Solo seco (g)	50,23	52,82
Teor de umid.%	8,16	8,18
Média %	8,17	

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. total
Nº(ASTM)	mm(ABNT)	Retido	Passando	
2"	50	0,00		100
1 1/2"	38	0,00		100
1"	25	0,00		100
3/4"	19	0,00		100
3/8"	9,5	0,00		100
4	4,8	0,00		100
10	2	9,59	1309,42	99

PENEIRAMENTO GROSSO (g)

Amostra total úmida	1426,00
Solo seco retido #10	9,6
Solo úmido pas. #10=(A-B)	1416,4
Solo seco pas.#10=C/(100+h)	1309,4
Amostra total seca =B+D	1319,0

PENEIRAMENTO FINO (g)

Peneiras	Peso da am. seca (g)	% pas. am. parcial	% pas. am. total		
				Nº	mm
16	1,20	6,82	85,05	92,6	92
30	0,60	9,78	75,27	81,9	81
40	0,42	6,40	68,87	74,97	74
50	0,30	3,51	65,36	71,15	71
100	0,15	9,76	55,60	60,52	60
200	0,075	6,05	49,55	53,94	54

PENEIRAMENTO FINO (g)

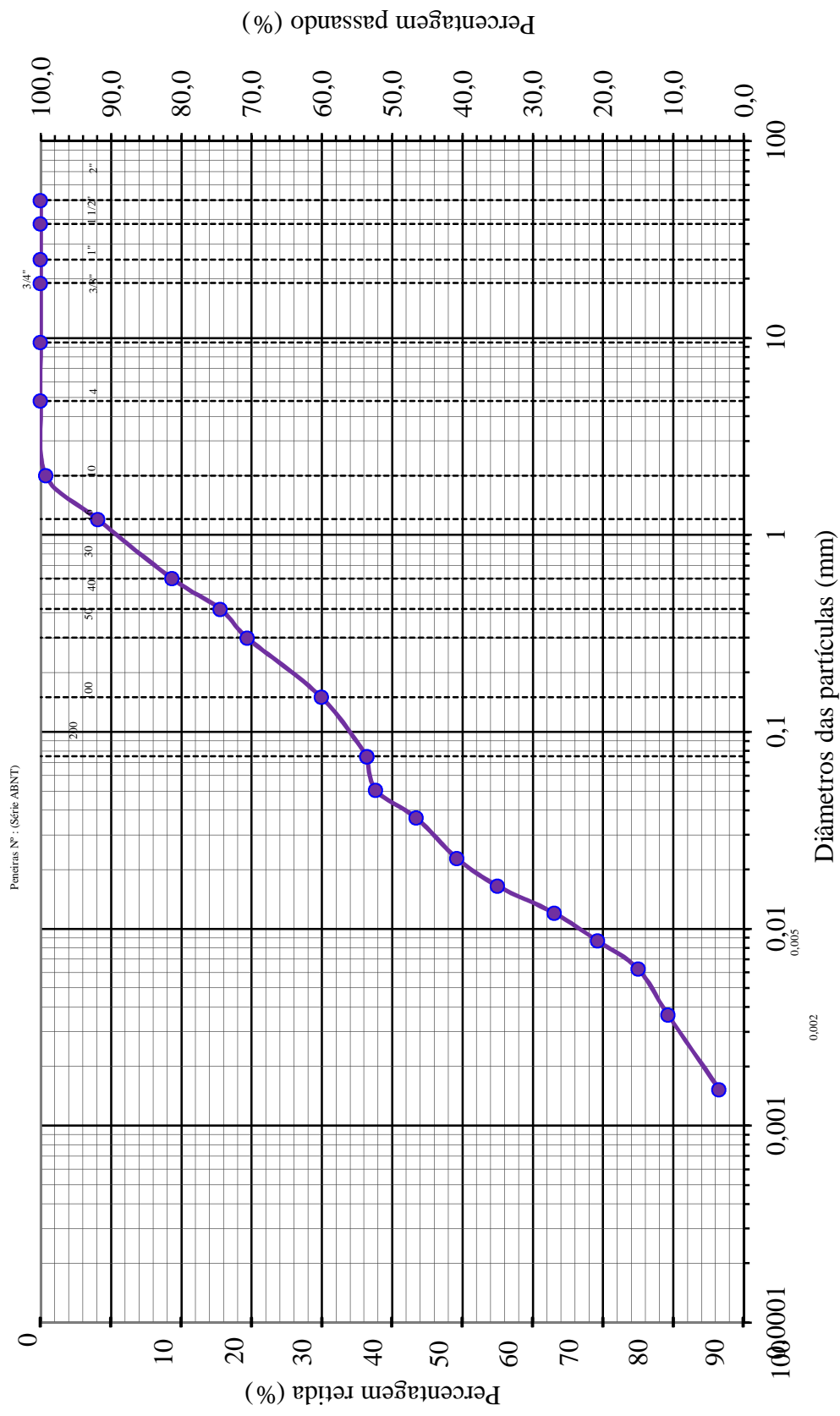
Peso da amostra úmida=PU	99,38
Peso am.seca=PU/(100+h)	91,87

SEDIMENTAÇÃO

Data	Hora	Tempo (seg)	Temperatura (oC)	Leitura (L)	Correção devido à temper.	Leitura corrigida (LC)	Altura de queda (LQ)	Diâmetro dos grãos (mm)	% Passando am. total
02/07/12	09:35	30	26,0	1031,0	-2,8	28,20	10,44	0,071	54
	09:36	60	26,0	1030,0	-2,8	27,20	10,60	0,051	52
	09:37	120	26,0	1027,0	-2,8	24,20	11,09	0,037	47
	09:40	300	26,0	1024,0	-2,8	21,20	10,77	0,023	41
	09:45	600	26,0	1021,0	-2,8	18,20	11,26	0,016	35
	09:55	1200	25,0	1017,0	-3,0	14,00	11,95	0,012	27
	10:15	2400	24,0	1014,0	-3,2	10,80	12,48	0,009	21
	10:55	4800	24,0	1011,0	-3,2	7,80	12,97	0,006	15
	13:35	14400	23,0	1009,0	-3,4	5,60	13,33	0,004	11
03/07/12	09:35	86400	24,0	1005,0	-3,2	1,80	13,95	0,002	3
Densímetro:	21768/11		Gs =	2,280	Proveta Nº	18	Área =	29,225	cm ²
Volume:	48,066								

Curva Granulométrica

Argila	Silte	Areia			Pedregulho	M
		Fina	Média	Grossa		





**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CERTIFICADO N° LMS: 855 COM -01

PROJETO:	Cruz_Dissertação_2018	AMOSTRA:	T4
LOCAL:		POSIÇÃO:	
DESCRIÇÃO:	T4 - 50% lodo ETA + 50% lodo ETE		
PROFUNDIDADE:		DATA:	18/7/2017

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula N°	343	504
Solo um.+tara(g)	64,84	62,75
Solo seco+tara(g)	60,80	58,65
Tara (g)	14,78	12,78
Água (g)	4,04	4,10
Solo seco (g)	46,02	45,87
Teor de umid.%	8,78	8,94
Média %	8,86	

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. total
N°(ASTM)	mm(ABNT)	Retido	Passando	
2"	50	0,00		100
1 1/2"	38	0,00		100
1"	25	0,00		100
3/4"	19	0,00		100
3/8"	9,5	0,00		100
4	4,8	2,41	1128,45	100
10	2	9,33	1119,12	99

PENEIRAMENTO GROSSO (g)

PENEIRAMENTO FINO (g)

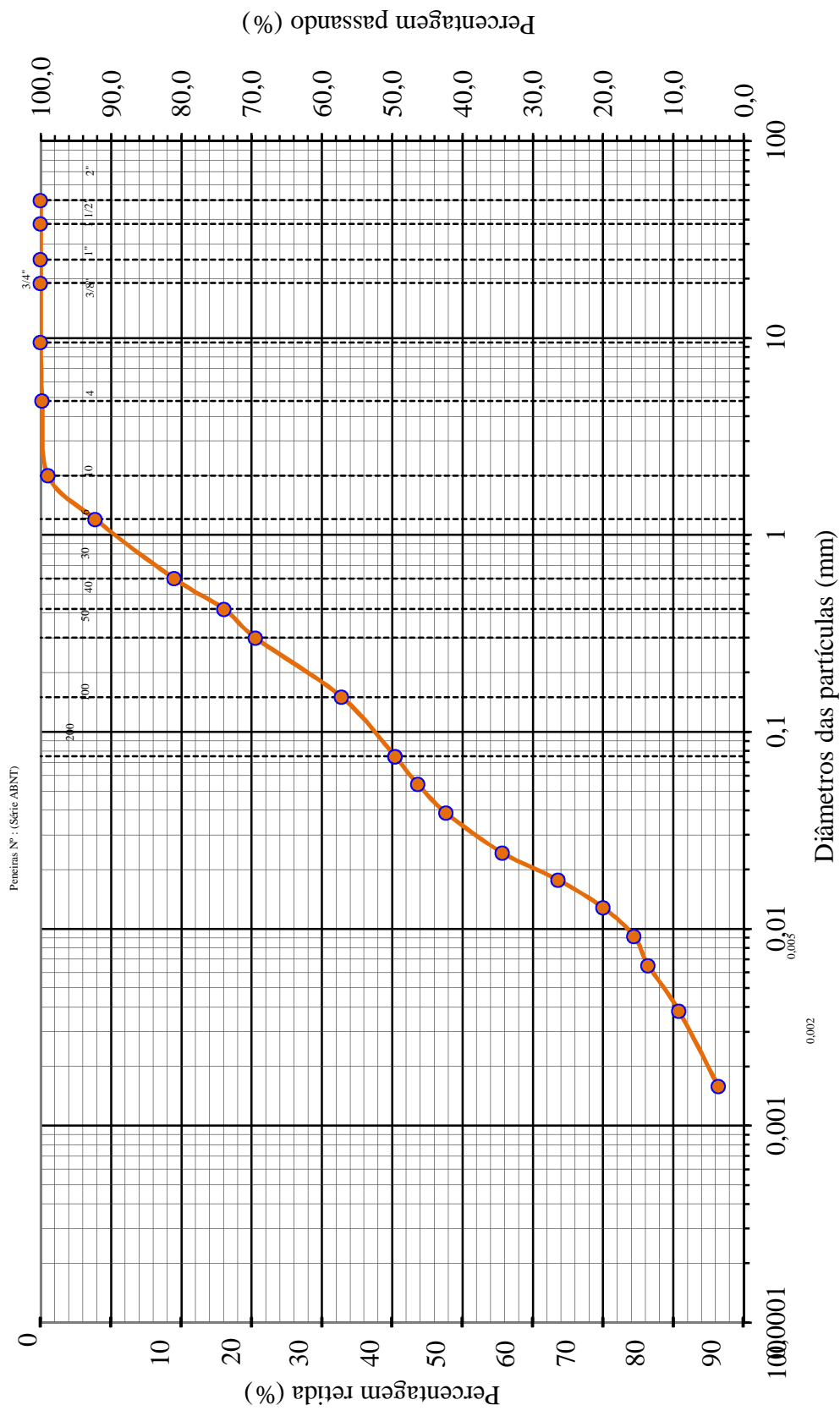
Amostra total úmida	1230,00	Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. parcial	% pas. am. total
		N°	mm	Retido	Passando		
Solo seco retido #10	11,7						
Solo úmido pas. #10=(A-B)	1218,3	16	1,20	6,18	85,03	93,2	92
Solo seco pas.#10=C/(100+h)	1119,1	30	0,60	10,34	74,69	81,9	81
Amostra total seca =B+D	1130,9	40	0,42	6,60	68,09	74,65	74
PENEIRAMENTO FINO (g)		50	0,30	4,08	64,01	70,18	69
Peso da amostra úmida=PU	99,29	100	0,15	11,32	52,69	57,77	57
Peso am.seca=PU/(100+h)	91,21	200	0,075	7,00	45,69	50,09	50

SEDIMENTAÇÃO

Data	Hora	Tempo (seg)	Temperatura (oC)	Leitura (L)	Correção devido à temper.	Leitura corrigida (LC)	Altura de queda (LQ)	Diâmetro dos grãos (mm)	% Passando am. total
02/07/12	09:35	30	26,0	1028,0	-2,8	25,20	10,93	0,075	50
	09:36	60	26,0	1026,0	-2,8	23,20	11,26	0,054	46
	09:37	120	26,0	1024,0	-2,8	21,20	11,59	0,039	42
	09:40	300	26,0	1020,0	-2,8	17,20	11,39	0,024	34
	09:45	600	26,0	1016,0	-2,8	13,20	12,05	0,018	26
	09:55	1200	25,0	1013,0	-3,0	10,00	12,57	0,013	20
	10:15	2400	24,0	1011,0	-3,2	7,80	12,94	0,009	16
	10:55	4800	24,0	1010,0	-3,2	6,80	13,10	0,007	14
	13:35	14400	23,0	1008,0	-3,4	4,60	13,46	0,004	9
03/07/12	09:35	86400	24,0	1005,0	-3,2	1,80	13,92	0,002	4
Densímetro:	21768/11		Gs = 2,190		Proveta N° 8		Área = 28,133		cm ²
Volume:	48,066								

Curva Granulométrica

Argila	Silte	Areia			Pedregulho	M
		Fina	Média	Grossa		





**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CERTIFICADO N° LMS: 855 COM -01

PROJETO:	Cruz_Dissertação_2018	AMOSTRA:	T5
LOCAL:		POSIÇÃO:	
DESCRIÇÃO:	T5 - 25% lodo ETA + 75% lodo ETE		
PROFUNDIDADE:		DATA:	18/7/2017

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula N°	29	312
Solo um.+tara(g)	62,05	61,57
Solo seco+tara(g)	59,06	58,54
Tara (g)	17,32	16,12
Água (g)	2,99	3,03
Solo seco (g)	41,74	42,42
Teor de umid.%	7,16	7,14
Média %	7,15	

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. total
N°(ASTM)	mm(ABNT)	Retido	Passando	
2"	50	0,00		100
1 1/2"	38	0,00		100
1"	25	0,00		100
3/4"	19	0,00		100
3/8"	9,5	0,71	1023,97	100
4	4,8	2,12	1021,85	100
10	2	24,77	997,08	97

PENEIRAMENTO GROSSO (g)

PENEIRAMENTO FINO (g)

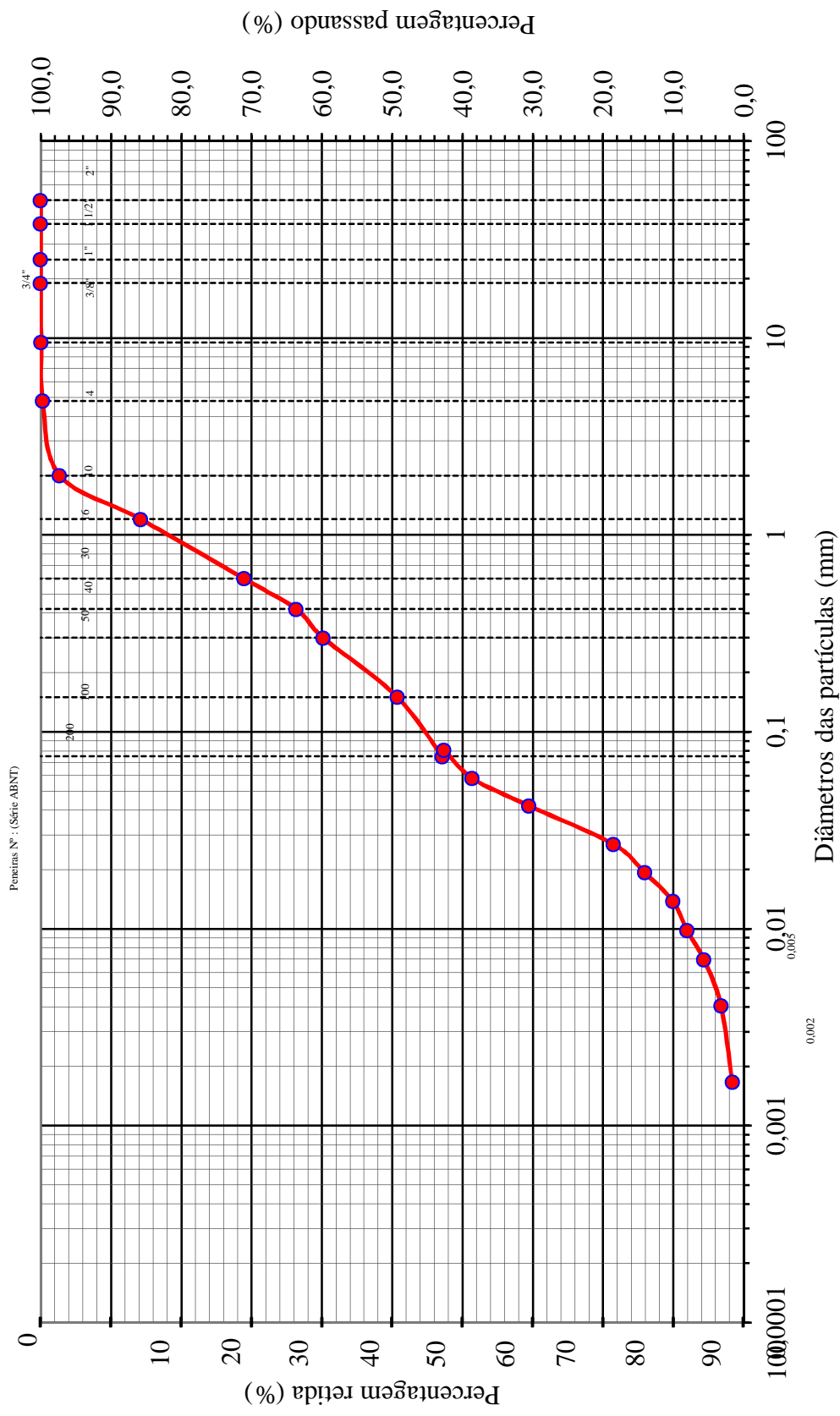
Amostra total úmida	1096,00	Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. parcial	% pas. am. total
		N°	mm	Retido	Passando		
Solo seco retido #10	27,6	16	1,20	10,99	81,69	88,1	86
Solo úmido pas. #10=(A-B)	1068,4	30	0,60	13,97	67,72	73,1	71
Solo seco pas.#10=C/(100+h)	997,1	40	0,42	7,10	60,62	65,41	64
Amostra total seca =B+D	1024,7	50	0,30	3,67	56,95	61,45	60
PENEIRAMENTO FINO (g)		100	0,15	10,05	46,90	50,60	49
Peso da amostra úmida=PU	99,31	200	0,075	6,10	40,80	44,02	43
Peso am.seca=PU/(100+h)	92,68						

SEDIMENTAÇÃO

Data	Hora	Tempo (seg)	Temperatura (oC)	Leitura (L)	Correção devido à temper.	Leitura corrigida (LC)	Altura de queda (LQ)	Diâmetro dos grãos (mm)	% Passando am. total
02/07/12	09:35	30	26,0	1024,0	-2,8	21,20	11,59	0,081	43
	09:36	60	26,0	1022,0	-2,8	19,20	11,92	0,058	39
	09:37	120	26,0	1018,0	-2,8	15,20	12,57	0,042	31
	09:40	300	26,0	1012,0	-2,8	9,20	12,76	0,027	18
	09:45	600	25,0	1010,0	-3,0	7,00	13,12	0,019	14
	09:55	1200	25,0	1008,0	-3,0	5,00	13,45	0,014	10
	10:15	2400	25,0	1007,0	-3,0	4,00	13,62	0,010	8
	10:55	4800	24,0	1006,0	-3,2	2,80	13,81	0,007	6
	13:35	14400	23,0	1005,0	-3,4	1,60	14,01	0,004	3
03/07/12	09:35	86400	24,0	1004,0	-3,2	0,80	14,14	0,002	2
Densímetro:	21768/11		Gs =	2,093	Proveta N°	15	Área =	30,093	cm ²
Volume:	48,066								

Curva Granulométrica

Argila	Silte	Areia			Pedregulho	M
		Fina	Média	Grossa		





**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CERTIFICADO N° LMS: 855 COM -01

PROJETO:	Cruz_Dissertação_2018	AMOSTRA:	T6
LOCAL:		POSIÇÃO:	
DESCRIÇÃO:	T6 - 100% lodo ETE		
PROFUNDIDADE:		DATA:	18/7/2017

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula N°	346	552
Solo um.+tara(g)	52,28	47,86
Solo seco+tara(g)	47,28	42,67
Tara (g)	17,07	10,77
Água (g)	5,00	5,19
Solo seco (g)	30,21	31,9
Teor de umid.%	16,55	16,27
Média %	16,41	

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. total
N°(ASTM)	mm(ABNT)	Retido	Passando	
2"	50	0,00		100
1 1/2"	38	0,00		100
1"	25	0,00		100
3/4"	19	0,00		100
3/8"	9,5	0,00		100
4	4,8	3,17	926,63	100
10	2	11,32	915,31	98

PENEIRAMENTO GROSSO (g)

PENEIRAMENTO FINO (g)

Amostra total úmida	1080,00	Peneiras		Peso da am. seca (g)		% pas. am. parcial	% pas. am. total
		N°	mm	Retido	Passando		
Solo seco retido #10	14,5	16	1,20	6,20	79,69	92,8	91
Solo úmido pas. #10=(A-B)	1065,5	30	0,60	12,66	67,03	78,0	77
Solo seco pas.#10=C/(100+h)	915,3	40	0,42	9,62	57,41	66,84	66
Amostra total seca =B+D	929,8	50	0,30	5,92	51,49	59,95	59
PENEIRAMENTO FINO (g)		100	0,15	15,62	35,87	41,76	41
Peso da amostra úmida=PU	99,98	200	0,075	5,75	30,12	35,07	35
Peso am.seca=PU/(100+h)	85,89						

SEDIMENTAÇÃO

Data	Hora	Tempo (seg)	Temperatura (oC)	Leitura (L)	Correção devido à temper.	Leitura corrigida (LC)	Altura de queda (LQ)	Diâmetro dos grãos (mm)	% Passando am. total
02/07/12	09:35	30	27,0	1018,0	-2,6	15,40	12,54	0,087	35
	09:36	60	27,0	1017,0	-2,6	14,40	12,71	0,062	33
	09:37	120	27,0	1013,0	-2,6	10,40	13,36	0,045	24
	09:40	300	27,0	1010,0	-2,6	7,40	13,02	0,028	17
	09:45	600	26,0	1008,0	-2,8	5,20	13,38	0,020	12
	09:55	1200	26,0	1007,0	-2,8	4,20	13,55	0,014	10
	10:15	2400	25,0	1006,0	-3,0	3,00	13,74	0,010	7
	10:55	4800	24,0	1006,0	-3,2	2,80	13,78	0,007	6
	13:35	14400	24,0	1005,0	-3,2	1,80	13,94	0,004	4
03/07/12	09:35	86400	24,0	1004,0	-3,2	0,80	14,11	0,002	2
Densímetro:	21768/11		Gs = 2,022		Proveta N° 16		Área = 28,748		cm ²
Volume:	48,066								

Curva Granulométrica

Argila	Silte	Areia			Pedregulho	M
		Fina	Média	Grossa		

