



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA CECÍLIA DE SOUZA E SOUZA**

**AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA  
DE CHUVA COM USO DE GEOTEXTIL COMO ELEMENTO  
FILTRANTE**

**NATAL-RN  
2016**

Maria Cecilia de Souza e Souza

Avaliação de protótipo para filtração de água de chuva com uso de geotêxtil como elemento filtrante

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fagner Alexandre Nunes de França

Coorientador: Prof<sup>ª</sup>. MSc. Izabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros

Natal-RN  
2016

Catálogo da Publicação na Fonte  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Sistema de Bibliotecas  
Biblioteca Central Zila Mamede / Setor de Informação e Referência

Souza, Maria Cecília de Souza e.

Avaliação de protótipo para filtração de água de chuva com uso de geotêxtil como elemento filtrante / Maria Cecília de Souza e Souza. - 2016.

16 f. : il.

Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Fagner Alexandre Nunes de França.

Coorientadora: Prof. MSc. Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros.

1. Água de chuva – Captação - TCC. 2. Geossintéticos – TCC. 3. Geotêxtil - TCC. I. França, Fagner Alexandre Nunes de. II. Medeiros, Isabelly Bezerra Braga Gomes de. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.1.037

Maria Cecilia de Souza e Souza

Avaliação de protótipo para filtração de água de chuva com uso de geotêxtil como elemento filtrante

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em 22 de novembro de 2016:**

---

Prof. Dr. Fagner Alexandre Nunes de França – Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. MSc. Izabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros – Coorientador

---

Prof<sup>a</sup>. MSc. Micheline Damiano Dias Moreira – Examinador interno

---

Prof<sup>a</sup>. MSc. Maria Cleide Ribeiro de Oliveira – Examinador externo

Natal-RN

2016

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais agradeço o incentivo, a paciência e o apoio financeiro. Papai e mamãe sou imensamente grata por tê-los junto a mim, por ter suportado minhas ausências, meu cansaço, meu choro nos momentos mais difíceis. A vocês meu amor, meu coração.

À minha família muito obrigada pela torcida e apoio em meio a distância, perdas e dores desse ano. A meu tio Manoel Estevam (*in memoriam*) obrigada por sua alegria e carinho, saudades eternas.

Aos meus amigos de vida e fé, agradeço a confiança, a presença, a lembrança, os ombros e os ouvidos que, tantas vezes, me acolheram. Obrigada por suportar minhas ausências, meus desabafos e meu silêncio. A vocês todo meu respeito, consideração e fidelidade.

Aos meus colegas de graduação, em meio aos desafios e dificuldades da vida acadêmica, muito obrigada pelo auxílio e convivência durante esse tempo. Agradeço de forma especial a Marcus Melo e Ewerton Alves pelo apoio fundamental na realização desse TCC.

Ao professor Paulo Alysson, ao técnico Sandro Ricardo e ao bolsista Josian Ferreira minha gratidão por ceder as instalações do Laboratório de Materiais de Construção e pela inteira disponibilidade no que foi preciso.

Por fim, aos meus orientadores, professor Fagner Alexandre e professora Isabelly Bezerra pela confiança depositada em mim. Agradeço imensamente pelas orientações, pela atenção no acompanhamento do trabalho, pelas palavras de incentivo e confiança que me confortaram e me impulsionaram diante das dificuldades.

*A Deus que, por misericórdia, tudo providenciou para viabilização dessa pesquisa e, principalmente, me sustentou até aqui.*

*Maria Cecilia de Souza e Souza*

## **RESUMO**

### **AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA COM USO DE GEOTEXTIL COMO ELEMENTO FILTRANTE**

**Autor: Maria Cecilia de Souza e Souza**

**Orientador: Prof. Dr. Fagner Alexandre Nunes de França**

**Coorientador: Prof<sup>a</sup>. MSc. Izabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros**

**Departamento de Engenharia Civil - UFRN**

**Natal, novembro de 2016**

No Brasil, a região do semiárido nordestino é conhecida pela escassez de água, em decorrência de longos períodos de estiagem. Devido à seca nessa região, tornam-se imprescindíveis a busca de soluções alternativas para captação e armazenamento de recursos hídricos. A construção de cisternas para o armazenamento de água de chuva tem se mostrado eficiente no combate à escassez de água. Nesse contexto, o presente trabalho propõe a avaliação de um protótipo para filtração de água de chuva com uso de geotêxtil como elemento filtrante, com a finalidade de garantir a qualidade da água de chuva coletada e armazenada em cisternas. A pesquisa foi desenvolvida construindo inicialmente um filtro composto de brita, areia e geotêxtil como materiais filtrantes e também um filtro com apenas geotêxtil como elemento filtrante. Durante os testes observou-se que filtros de areia apresentaram elevadas perdas de carga, o volume de chuva extravasado seria muito maior que o volume de água filtrada e armazenada, não sendo a melhor alternativa para a configuração em estudo. Quanto ao filtro de geotêxtil, percebeu-se um leve aumento na turbidez (12,3%) e no pH (3,5%) em decorrência da filtração.

**Palavras-Chave:** água de chuva, geossintético, geotêxtil, filtração, cisterna.

## **ABSTRACT**

**Title: Evaluation of a prototype for rainwater filtration using geotextile as filtering element.**

**Author: Maria Cecilia de Souza e Souza**

**Advisor: Prof. Dr. Fagner Alexandre Nunes de França**

**Co-advisor: Prof<sup>a</sup>. MSc. Izabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros**

**Department of Civil Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte,  
Brazil**

**Natal, november 2016**

In Brazil, the northeastern semi-arid region is known by the shortage of water, in consequence of long periods of drought. Due to the drought in this region, it has become indispensable the search for alternative solutions for catchment and storage of water resources. The construction of cisterns for rainwater storage has proven to be efficient in the struggle against the water shortage. In this sphere, this work suggests the evaluation of a prototype for rainwater filtration using geotextile as filtering element, in order to assure the quality of the rainwater collected and stored in cisterns. The research was initially developed through the construction of a sand filter composed by gravel, sand and geotextile as filtering materials and also one filter using just geotextile as filtering element. Throughout the tests it was observed that sand filters presented high load loss, the extra volume of rainwater would be much bigger than the volume of filtered and stored water, not being the best alternative for the setup in analysis. Regarding the geotextile filter, it was noticed a slight increase in the turbidity (12.3%) and in pH (3.5%), due to filtering.

**Key-Words:** Rainwater; Geosynthetics; Geotextile; Filtering; Cistern.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1    ÁGUA DE CHUVA.....	2
2.2    CISTERNA.....	2
2.3    SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	3
2.4    DESCARTE DOS PRIMEIROS MILIMETROS DA AGUA DE CHUVA...4	
2.5    PROTEÇÃO SANITÁRIA.....	4
2.6    GEOSSINTÉTICOS .....	5
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
3.1    CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE DESCARTE.....	10
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>12</b>
4.1    FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO .....	12
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>15</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas (2015) é preciso melhorar a gestão da água para garantir o abastecimento da população mundial. Para a Organização, uma gestão mais sustentável deste recurso não renovável é urgente. Segundo a ONU (2015) em seu relatório “Água para um mundo sustentável”, até 2030 o planeta enfrentará um déficit de 40% de água, a menos que seja consideravelmente melhorada a gestão desse recurso. Ainda, segundo o relatório, apesar do progresso considerável que tem sido realizado recentemente, 748 milhões de pessoas ainda não têm acesso a fontes de água potável de qualidade e os mais afetados são as pessoas de baixa renda, os desfavorecidos e as mulheres.

No Brasil, a região do semiárido nordestino é conhecida pela escassez de água, em decorrência de longos períodos de estiagem. A pluviosidade nordestina é irregular, grande parte da água subterrânea é salobra, em grande parte do território o solo é incompatível com a perfuração de poços profundos e são pouquíssimos os rios perenes. Nessas circunstâncias, tornam-se imprescindíveis a busca de soluções alternativas para captação e armazenamento de recursos hídricos. A construção de cisternas acompanhada por um processo educativo de uso da água armazenada tem se mostrado eficiente no combate à escassez de água. (CÁRITAS BRASILEIRA, 2002).

Ainda segundo o Cáritas Brasileira (2002) são significativos os benefícios produzidos pelo acesso à água de qualidade a partir das cisternas: diminuição de doenças, queda dos índices de mortalidade infantil, diminuição da carga de trabalho das mulheres e crianças, aumento da renda (com a disponibilidade de tempo e com a capacitação) e emancipação da dominação política.

Nesse contexto, com intuito de garantir a qualidade da água coletada e armazenada em cisternas, propõe-se a avaliação de um protótipo para a filtração de água de chuva. Sendo adotado como elemento filtrante o geotêxtil, dado seu alto potencial de filtração, seu rigoroso controle no processo de fabricação e o fácil manuseio. O geotêxtil é um tipo de geossintético, produto industrializado, fabricado na forma de manta, em sua maioria com matéria prima de origem sintética.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Esse tópico aborda brevemente os fundamentos que embasam essa pesquisa e discorre sobre os principais elementos que fazem parte do contexto em estudo.

### 2.1 ÁGUA DE CHUVA

A NBR 15527/2007 (Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) define água de chuva como a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. Segundo Tomaz (2009) há registros do aproveitamento da água de chuva desde a antiguidade. Tem-se como primeiro registro do uso da água de chuva uma inscrição em pedra (Mohabita, 830aC), que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. Este achado traz determinações do rei Mesa, para a cidade de Qarhoh, dentre as quais destaca-se “...*para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa*”. Tomaz (2009) cita também o abastecimento da Fortaleza dos Templários (1160 dC) por água de chuva, localizada na cidade de Tomar em Portugal.

### 2.2 CISTERNA

Em regiões que não dispõem de fonte de água permanente, o uso da cisterna possibilita à população obter água limpa e fácil de captar e tratar. No Brasil, a captação de água de chuva em sistemas individuais de abastecimento é prática comum há muitos anos, principalmente em comunidades rurais do semiárido nordestino, região que sofre com a instabilidade pluviométrica, déficit hídrico e longos períodos de seca (média de 8 meses).

Passador e Passador (2010) analisaram a influência da utilização de cisternas nas condições de vida de 34 famílias na região da bacia do Baixo Salitre, município de Juazeiro, estado da Bahia. Para analisar a questão, os pesquisadores consideraram políticas públicas criadas para o combate à seca desde o tempo do Império ao Programa 1 Milhão de Cisternas, de 2003 e realizaram entrevistas com as 34 famílias da região. Passador e Passador (2010) concluíram que as famílias entrevistadas que tinham cisterna situada ao lado da casa, obtiveram como maior benefício o acesso a água de qualidade. De acordo com os pesquisadores, houve redução significativa no caso de doenças relacionadas à água, tais como diarreias, vômitos, cólicas etc. Houve também economia de tempo e esforço físico (antes despendidos nos deslocamentos de casa até a fonte de água) e conseqüentemente maior dedicação a outras

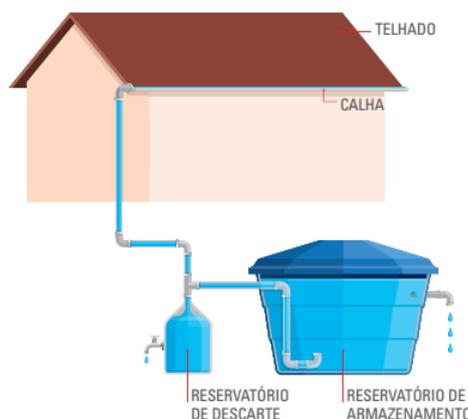
atividades (como roça, pastoreio, tarefas domiciliares, etc.) que aliado a economia de recursos financeiros gastos no pagamento de carro-pipa refletiram no aumento da renda.

Cavalcanti, Brito e Resende (2002) fizeram um levantamento no ano de 2002 com agricultores de três comunidades rurais do município de Petrolina, no semiárido do estado do Pernambuco, em relação à existência de cisternas para captação e armazenamento de água da chuva nas residências dos agricultores. Os pesquisadores acompanharam 48 famílias no total e concluíram que programas de construção de cisternas rurais contribuem, em parte, para o alívio das populações rurais atendidas por esses programas, embora não suficientes para a grande transformação da região, que é a convivência com a seca.

### 2.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de captação de água de chuva mais comumente encontrado é composto por uma área de captação (em geral, telhados) conectadas a calhas que, por sua vez, estão ligadas a condutores verticais e horizontais que conduzem a água captada para os reservatórios de descarte dos primeiros milímetros da chuva e de armazenamento da água (cisterna) como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Sistema básico de captação de água pluvial.



Fonte: IPT *apud* FEAM (2016), adaptado.

O dimensionamento da área de captação, das calhas e condutores deve seguir as diretrizes da NBR 10844/1989 (Instalações prediais de águas pluviais). Para o reservatório de armazenamento (cisterna) a NBR 15527/2007 (Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis) recomenda alguns métodos (Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto e os Métodos práticos: alemão, inglês e australiano) que levam em conta a demanda ou valores de precipitação, cabendo ao projetista avaliar o mais adequado para cada situação.

## **2.4 DESCARTE DOS PRIMEIROS MILIMETROS DA AGUA DE CHUVA**

Segundo o IPT (2015) a chuva forma-se quando o vapor d'água presente na atmosfera se condensa, produzindo pequenas gotas que precipitam em direção à superfície terrestre. Em áreas urbanas, a água precipitada entra em contato com poluentes no ar (devido a poluição atmosférica) e nas superfícies de captação (telhados, pisos e até nas folhas das árvores). Essa água arrasta consigo esses poluentes, promovendo a limpeza do ambiente de contato, por isso, as primeiras águas da chuva são mais sujas. O intuito do reservatório de descarte é desviar essa água de pior qualidade do reservatório de armazenamento.

A NBR 15527/2007 (Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis) recomenda adotar 2 mm por metro quadrado nos casos em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor. Vale ressaltar que esse valor de 2 mm é muito baixo dependendo da região, é válido para áreas com baixa taxa de poluição atmosférica como áreas rurais distantes de centros urbanos e de zonas industriais, e ambientes de natureza bem preservada.

Melo (2007) analisou a qualidade da água em três diferentes regiões da cidade de Natal, diferenciadas pelo grau de poluição, e constatou variação percentual da qualidade da água durante os cinco primeiros milímetros de chuva. Na região de baixo grau de poluição observou-se a estabilização dos parâmetros analisados a partir do segundo milímetro e na região de maior poluição a estabilização se deu a partir do quinto milímetro de precipitação.

## **2.5 PROTEÇÃO SANITÁRIA**

Segundo Andrade Neto (2004) a contaminação da água de chuva ocorre geralmente na superfície de captação ou quando armazenada de forma não protegida. A contaminação que pode ocorrer na retirada de água e no manuseio para o uso, acontece com certa frequência, mas tem pouco importância quando comparada com a contaminação da água no armazenamento.

Apesar dos riscos epidemiológicos associados às cisternas serem pequenos, recomenda-se o máximo de esforço para minimizar a contaminação da água de cisterna usada para consumo humano. Quanto maior o risco de contaminação, maior deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas, a depender de: condição de uso, condição da superfície de captação, exposição a contaminantes, condição epidemiológica da região, e operação e manutenção do sistema.

Andrade Neto (2004) cita como medidas de controle sanitário a inibição do contato direto com a água na cisterna e aconselha que a retirada da água seja feita, preferencialmente, através de

tubulação. Sugere que sejam acoplados extravasor e ventilação para garantir a reoxigenação da água, mas sem favorecer a entrada de insetos e de luz abundante, indica também proteger todas as saídas com tela de náilon ou arame para evitar a entrada de insetos e pequenos animais. Sempre impermeabilizar cisternas enterradas, caso exista o risco de infiltração de água contaminada.

## **2.6 GEOSSINTÉTICOS**

De acordo com a Associação Brasileira de Geossintéticos - International Geosynthetic Society (IGS Brasil), geossintéticos são produtos industrializados fabricados com matéria prima de origem sintética ou natural (na forma de manta, tira, ou estrutura tridimensional) comumente aplicados na engenharia civil, em obras de cunho geotécnico e ambiental. Podem exercer variadas funções, onde se destacam como principais a separação, filtração, drenagem, reforço, contenção de fluidos/gases, ou controle de processos erosivos, podendo ainda desempenhar dupla função.

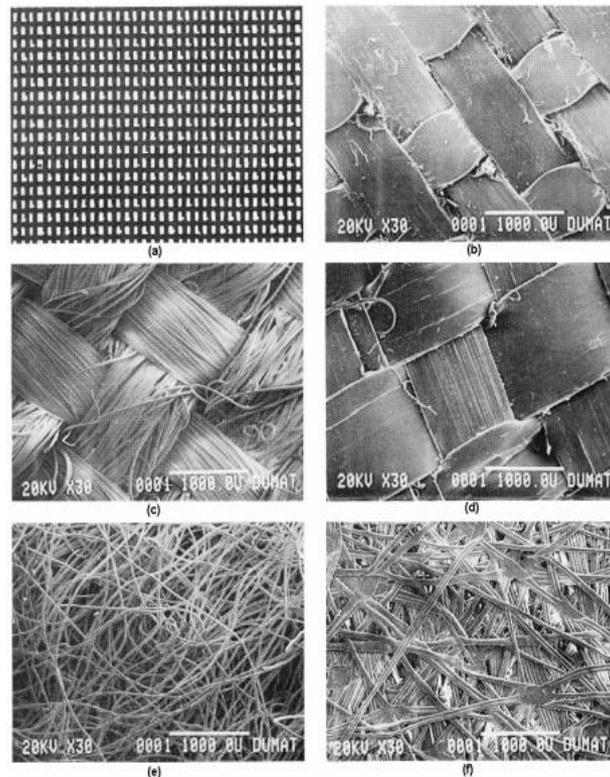
Os geossintéticos abrangem uma variedade de materiais poliméricos e se dividem em tipos que se diferem pelo processo de fabricação, sendo eles: Geotêxteis, Geogrelhas, Georredes, Geomembranas, Geocompostos, Geocompostos argilosos, Geotubos, Geocélulas e Geoexpandido.

### **2.6.1 Geotêxteis**

De acordo com Vertematti (2001) geotêxtil é um produto têxtil bidimensional permeável, composto de fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminetes ou fios, formando estruturas tecidas, não-tecidas ou tricotadas, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhe várias funções numa obra geotécnica. São classificados em dois grandes grupos, os tecidos e os não-tecidos, que diferenciam-se pelo processo de fabricação e pelo arranjo das fibras, conforme ilustrado na Figura 2.

O não-tecido é um produto composto por fibras cortadas ou filamentos contínuos, distribuídos aleatoriamente, os quais são interligados por processos mecânicos, térmicos ou químicos. Enquanto o geotêxtil tecido é oriundo do entrelaçamento de fios, monofilamentos ou laminetes (fitas), seguindo direções preferenciais denominadas trama (sentido transversal) e urdume (sentido longitudinal).

Figura 2 – Arranjo das fibras de geotêxteis tecidos e não tecidos.

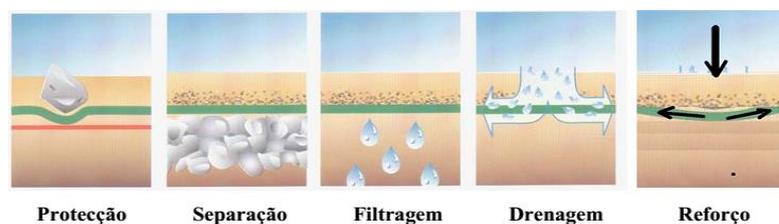


Fonte: Koerner, 1994.

(a) geotêxtil tecido de monofilamentos; (b) geotêxtil tecido de monofilamentos, calendrado; (c) geotêxtil tecido de multifilamentos; (d) geotêxtil tecido de laminetes; (e) geotêxtil não - tecido agulhado; (f) geotêxtil não – tecido termoligado.

Quanto à composição, as fibras têxteis podem ser naturais e químicas. As fibras naturais são, por exemplo lã, seda, algodão, linho, entre outras. Entre as fibras químicas destacam-se as de polímeros sintéticos sendo as mais utilizadas na fabricação dos geotêxteis: poliéster (PET), poliamida (PA), polietileno (PE), polipropileno (PP) e policloreto de vinila (PVC). Os geotêxteis são flexíveis e permeáveis, sendo comumente usados para aplicações de separação entre diferentes materiais, proteção de camadas de solo, filtração e drenagem da água percolada em solo, reforço e controle de erosões, como ilustrado na Figura 3 (IGS Brasil).

Figura 3 – Principais aplicações dos geotêxteis.



Fonte: GOMES (2001).

De acordo com o IGS (2016) quando utilizado com a função de filtração, o geotêxtil desempenha papel similar ao de um filtro de areia, permitindo a passagem da água através do solo enquanto retém as partículas sólidas.

O principal parâmetro de caracterização mais comumente usado para os geotêxteis é a gramatura, que expressa o peso por unidade de área, dado em  $\text{g/m}^2$ . Para os casos de aplicação de filtração a permeabilidade (parâmetro que caracteriza a capacidade permitir a livre passagem da água) e abertura de filtração (diâmetro da maior partícula que passa pelo geotêxtil) são essenciais para escolha adequada do material.

#### **2.6.1.2. Utilizações no tratamento de água**

Nos últimos anos os geotêxteis têm se destacado nas pesquisas como elemento auxiliar no tratamento de água, devido sua característica filtrante, sua praticidade e facilidade de manipulação e instalação, baixo custo e rigoroso controle de qualidade no processo produtivo.

Várias pesquisas apontam para a utilização desse tipo de geossintético como complemento de filtros convencionais de areia, no tratamento de águas para abastecimento. Mbwette e Graham (1987), Di Bernardo (1993) e Ferraz (2001), citados por Paterniani e Conceição (2004) apontam resultados benéficos em função do uso de mantas sintéticas não tecidas no topo da camada de areia de filtros lentos indicando maior duração das carreiras de filtração, facilidade de limpeza das mantas, redução da espessura da camada de areia, maior eficiência de remoção de impurezas e uso de maiores taxas de filtração.

Schujmann (2010) estudou a viabilidade técnica de utilização de geotêxteis não tecidos em substituição ao filtro de areia para filtração da água da chuva e sua eficiência na melhoria da qualidade da água. Schujmann (2010) montou um filtro de areia (com 10 cm de espessura) e submeteu a uma taxa de filtração máxima de  $23 \text{ L/m}^2.\text{s}$  e montou filtros de geotêxtil (com uma, duas e três camadas de diferentes tipos de geotextil) e submeteu a colunas d'água de 10, 15 e 20 cm. O pesquisador chegou a melhores resultados de remoção de turbidez pelo filtro de geotêxtil quando comparado com filtro de areia.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Inicialmente montou-se um pequeno filtro composto por camadas de areia, brita e geotêxtil, conforme detalhado na Figura 4, para ser acoplado em condutores verticais de calhas pluviais.

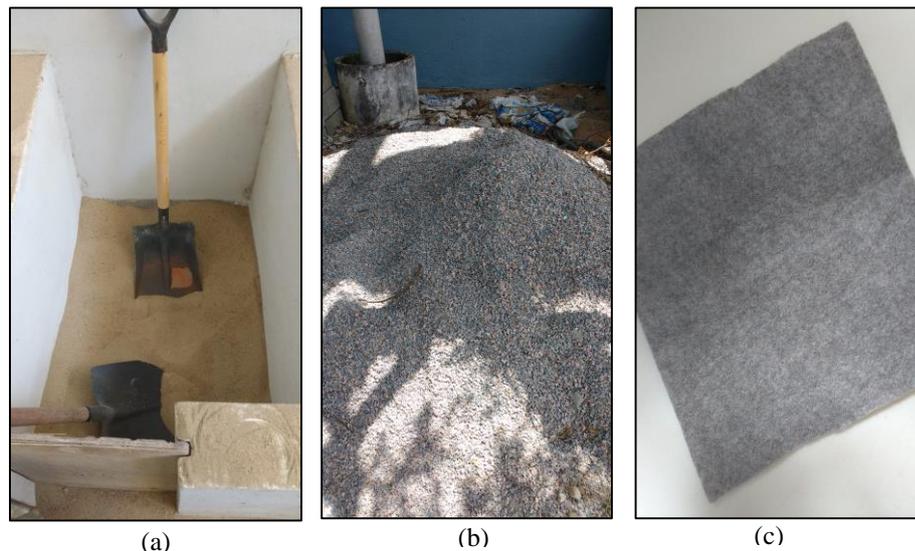
Os materiais empregados na montagem desse filtro foram areia média, peneirada com tela, livre de materiais orgânicos (galhos, folhas e sementes); brita nº0 e geotêxtil não-tecido, 100% poliéster de gramatura 255g/m<sup>2</sup>, mostrados na figura 5. No quadro 1, tem-se as principais especificações físicas, e hidráulicas do geotêxtil.

Figura 4 – Representação de filtro de areia.



Fonte: O autor (2016).

Figura 5 – Materiais utilizados para montagem de filtro de areia.



Fonte: O autor (2016).

(a) Areia média; (b) Brita nº0; (c) Geotêxtil não-tecido, 255g/m<sup>2</sup>

Tabela 1 - Especificações geotêxtil não-tecido, 255g/m<sup>2</sup>, 100% poliéster.

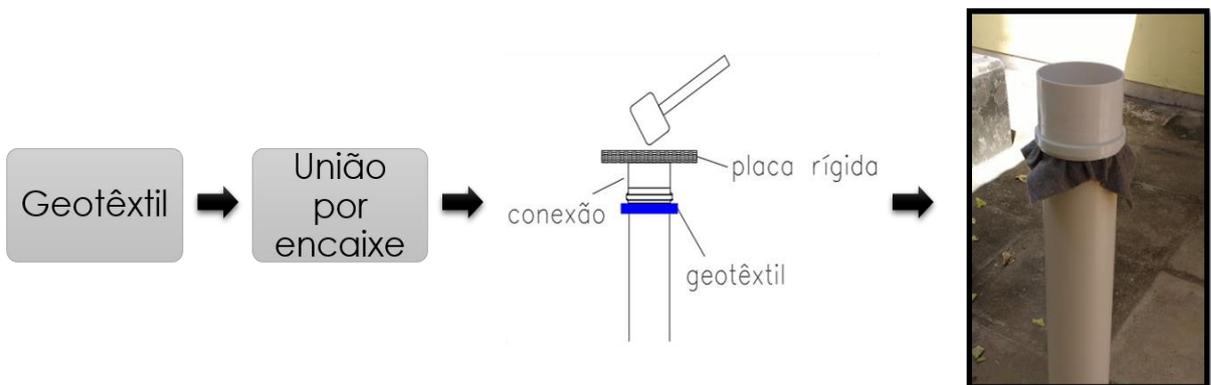
PROPRIEDADES	NORMA	GEOTÊXTEL
Espessura	ABNT NBR 12569	2,1mm
Permeabilidade Normal	ASTM D 4491	0,39 cm/s
Abertura de Filtração (095)	AFNOR G 38017	70 µm

Fonte: O autor (2016).

Na montagem do filtro, o geotêxtil foi o primeiro material incorporado e serviu como suporte para as camadas de areia e brita. O geotêxtil foi apenas encaixado entre a bolsa de uma conexão e o tubo. Conforme ilustrado na Figura 6, o encaixe só foi possível com o auxílio de martelo de borracha e uma placa (nesse caso uma placa de madeira com 1,5cm de espessura) devido a uniformização na distribuição da tensão de impacto provocada pelo martelo. A tração gerada no geossintético foi suficiente para suportar o peso do material granular e a passagem da água, sem que haja escorregamento na interface da bolsa da conexão e sem rasgar o elemento.

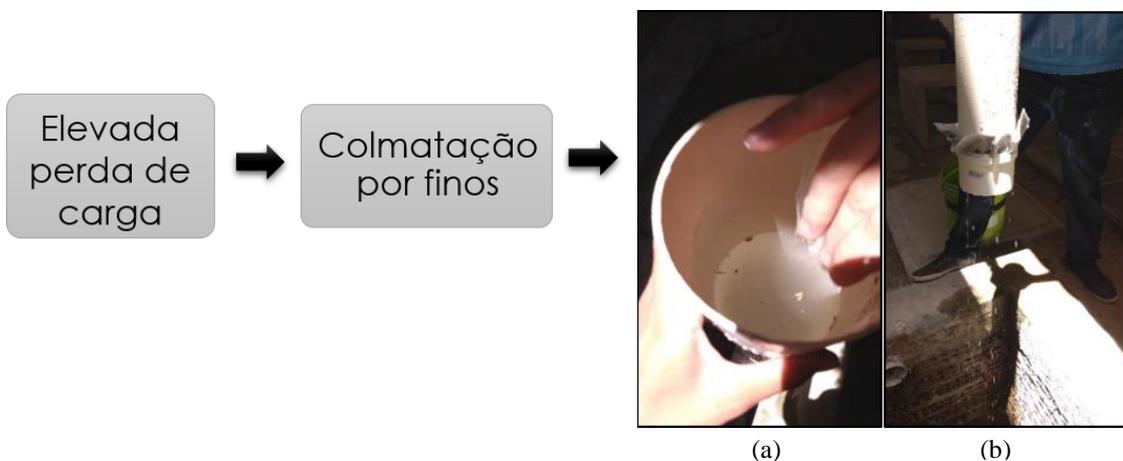
O depósito do material granular no interior do tubo foi feito com o auxílio de uma pequena pá e com cuidado para não compactar as camadas de areia e brita. Efetuando-se um teste, constatou-se uma elevada perda de carga no tubo, sendo a vazão de água que saía no filtro muito menor que a vazão de entrada, como ilustra a Figura 7.

Figura 6 – Representação de encaixe de geotêxtil em conexão de pvc.



Fonte: O autor (2016).

Figura 7 – Perda de carga em filtro de areia.



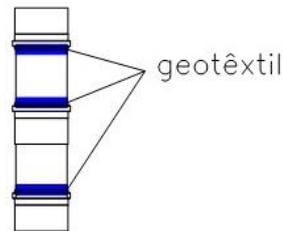
Fonte: O autor (2016).

(a) Acúmulo de água devido a elevada perda de carga em filtro de areia; (b) Vazão de saída de filtro de areia bastante reduzida.

O filtro foi desmontado e verificou-se a colmatação do geossintético por finos que estavam aderidos as partículas de areia e brita. O teste foi repetido para camadas de areia e brita (dessa vez com os materiais lavados) com alturas menores: 5cm e 5cm, respectivamente; e posteriormente usando apenas uma camada de 5cm de brita.

Observando os estudos realizados por Schujmann (2010), concebeu-se uma nova proposta de filtro adotando somente o geotêxtil como elemento filtrante. A Figura 8 mostra o esquema do novo filtro composto por uma bateria de três camadas de geotêxtil espaçadas entre si.

Figura 8 – Representação do filtro de geotêxtil.



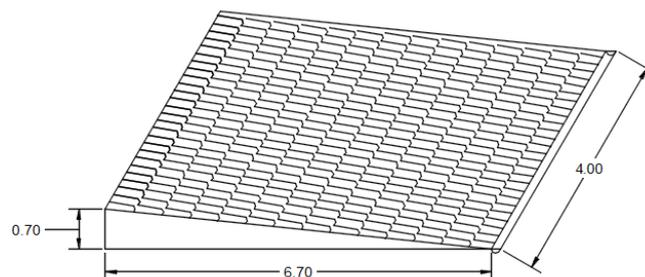
Fonte: O autor (2016).

Observada a colmatação por finos do geotêxtil identificada no primeiro teste, percebeu-se que folhas, poeira e outros materiais particulados, presentes no telhado, poderiam colmatar o elemento, tornando o filtro inoperante. Considerando também os estudos de Melo (2007) que comprovam a pior qualidade das primeiras águas da chuva, optou-se pela avaliação da eficiência do filtro fazendo o descarte dessa água.

### 3.1 CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE DESCARTE

Segundo Melo (2007), no entorno do campus universitário da cidade de Natal/RN, local do estudo, há uma estabilização nos parâmetros de qualidade da água a partir do 2º milímetro precipitado. Conhecidas as dimensões do telhado (localizado no Núcleo de Tecnologia da UFRN) esquematizado na Figura 9 e aplicando-se a NBR 10884/1989 (Instalações prediais de águas pluviais) tem-se o volume a ser descartado:

Figura 9 – Representação da área de captação.



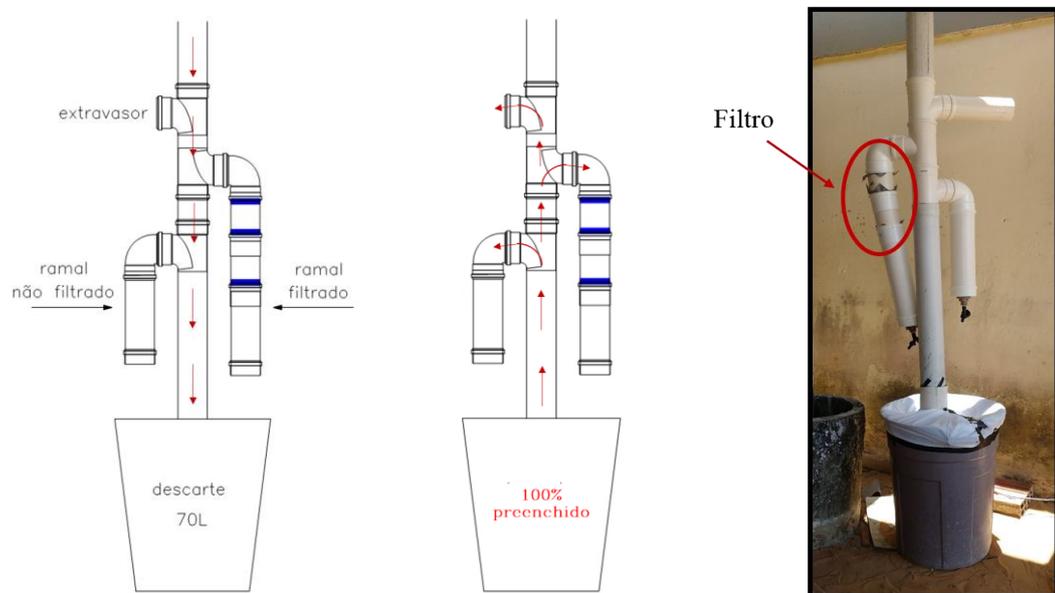
Fonte: O autor (2016).

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b = \left(6,70m + \frac{0,70m}{2}\right) \cdot 4,0m \Rightarrow A_{cap} = 28,2 m^2$$

$$V = A_1 \cdot 2,0mm \Rightarrow V = 28,2m^2 \cdot 0,002m \Rightarrow V_{descarte} = 0,0564m^3 = 56,4l$$

A Figura 10 representa protótipo idealizado para viabilização da coleta da água de chuva e análise do funcionamento e eficiência do filtro. O funcionamento do equipamento consiste em primeiro coletar a água dos primeiros milímetros da chuva no reservatório de descarte. Quando o descarte estiver completamente preenchido a água começará a acumular no condutor vertical e entrará, primeiro, no ramal não filtrado e em seguida no ramal filtrado, extravasando após o último ramal ser completamente cheio.

Figura 10 – Representação do protótipo de coleta e filtração de água de chuva.



Fonte: O autor (2016).

Para a construção do equipamento foram utilizados tubo e conexões de PVC, com diâmetro de 100mm, comumente empregadas em instalações prediais de esgoto e águas pluviais; flanges comumente empregadas em instalações prediais de água fria; um balde com 70 litros de capacidade; tecido plástico impermeável; lixa nº100; fita adesiva reforçada; torneira plástica; fita veda rosca e adesivo plástico para PVC.

O geotêxtil foi apenas encaixado entre a bolsa de uma conexão e o tubo, seguindo o mesmo procedimento comentado na montagem do filtro de areia. Quando instaladas as flange e torneira no cap, foi feito um teste rápido colocando água para detecção de vazamentos em alguma das peças e se a torneira estava devidamente funcionando.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Em relação ao primeiro filtro de areia, quando constatado no primeiro teste que a vazão de água que saía no filtro era muito menor que a vazão de entrada, caracterizando uma perda de carga elevada com acúmulo de água no tubo (como ilustrado na Figura 7), observou-se que o volume de chuva extravasado seria muito maior que o volume de água filtrada e armazenada, não sendo a melhor alternativa para a situação em estudo.

Nos demais testes, em filtro de areia com menores alturas das camadas de areia e brita (5cm e 5cm, respectivamente; e para apenas uma camada de 5cm de brita), observou-se diminuição da perda de carga quando comparado ao primeiro teste, porém ainda elevada. A maior perda de carga ocorreu nos filtros com camada de areia.

O emprego do geotêxtil em uma camada e apenas por encaixe se mostrou muito eficiente e sem riscos de rasgo ou soltura, para a espessura de 2,1 mm com tubos e conexões de 100mm de diâmetro.

Durante a montagem do protótipo foram encontradas diferenças significativas entre as bitolas das peças de PVC de diferentes fabricantes. Imaginava-se que por se tratar de um produto normatizado, industrializado e consumido em larga escala, essas diferenças fossem irrisórias, mas não é o que foi observado.

### **4.1 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO**

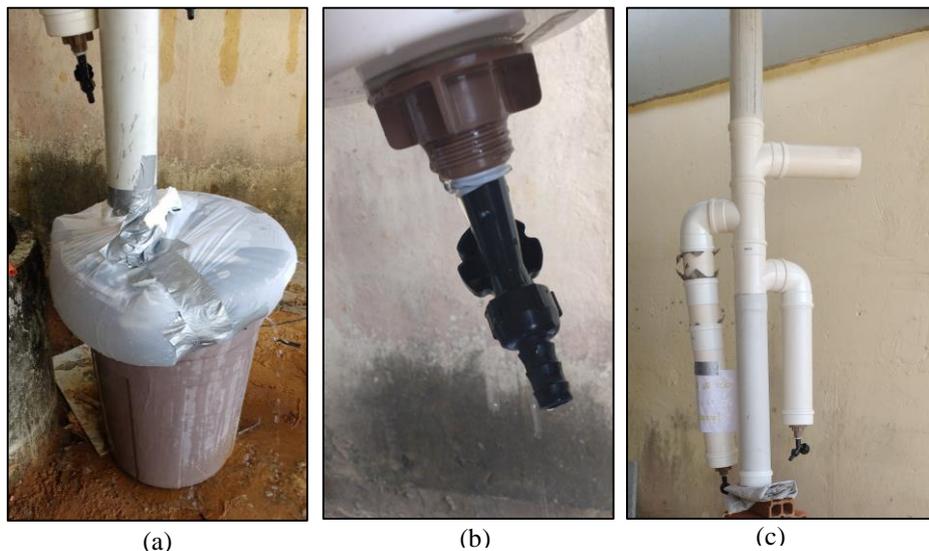
Ocorrida a primeira chuva (12/10/2016), apenas o descarte foi preenchido e os ramais tanto de água filtrada como da não filtrada estavam completamente secos. No entanto, choveu durante todo o dia e observada a fragilidade do tampo plástico em resistir à pressão da água, resolveu-se fazer um teste. Com uma mangueira, jogou-se água diretamente na calha, foram constatados pequenos vazamentos no tampo plástico, entrada d'água no ramal de filtração e no ramal não filtrado antes do descarte ser totalmente preenchido e vazamento na flange do ramal de filtração.

Levando em conta que no teste houve entrada d'água em ambos os ramais, antes do enchimento do descarte e que durante uma precipitação esse fenômeno pode interferir nos resultados referentes a qualidade da água, decidiu-se retirar o reservatório de descarte. Em relação a flange, foi verificada a vedação e a flange reapertada. Também foi coletada amostra da água filtrada e não filtrada e analisados os parâmetros de cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e pH exibidos na tabela 2.

A cor aparente foi determinada por um gráfico cor *versus* absorvância, sendo a absorvância medida no aparelho espectrômetro. A turbidez foi obtida através do turbidímetro portátil, o pH foi medido no phmetro digital de bancada e a condutividade elétrica determinada com o uso de um multímetro digital.

A Figura 11 mostra o protótipo montado, na situação (a) com reservatório de descarte (e pequenos vazamentos no tampo plástico), na situação (b) o vazamento ocorrido na flange e em (c) sem o reservatório de descarte.

Figura 11 – Equipamento de coleta e filtração de água de chuva.



Fonte: O autor (2016).

- (a) Cobertura do reservatório de descarte em plástico, com acúmulo d'água e pequenos vazamentos; (b) Vazamento em flange devido a problemas na vedação; (c) equipamento sem reservatório de descarte.

Na segunda precipitação (16/10/2016), dessa vez sem o descarte das primeiras chuvas, ocorreu retenção no ramal não filtrado e toda água acumulada no ramal de filtração vazou pela flange. Dado o incidente a vedação da flange foi trocada e coletada água não filtrada para análise dos parâmetros já citados anteriormente.

A terceira precipitação (24/10/2016), apenas uma pancada de chuva, preencheu parcialmente o ramal não filtrado, sendo assim insuficiente para acumular água no ramal filtrado. Também foi coletada amostra da água não filtrada para análise dos parâmetros já citados.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados dos ensaios dos parâmetros de qualidade realizados nas amostras coletadas.

Tabela 2 – Resultado dos ensaios de parâmetros de qualidade da água.

COLETA			PARÂMETROS			
Origem	Data	Situação	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Cor
Torneira	13.10.2016	filtrada	6,66	0,64	173,9	24,5
	13.10.2016	não-filtrada	6,44	0,57	176,4	24,5
Chuva	17.10.2016	não-filtrada	7,82	1,97	141,6	42,1
	24.10.2016	não-filtrada	7,92	1,74	124,9	49,2

Fonte: O autor (2016).

Na coleta de teste, efetuado com água da torneira, pode-se perceber um leve aumento na turbidez (12,3%) e no pH (3,5%) em decorrência da filtração, mas são variações pequenas e de uma única amostra. Quando comparado as primeiras águas da chuva com a água de torneira não-filtrada, percebe-se aumento significativo de 21,43% (chuva de 17.10) e 22,98% (chuva de 24.10) nos valores de pH, e 245,61% (chuva de 17.10) e 205,26% (chuva de 24.10) nos valores de turbidez. O parâmetro da cor também resultou em valores maiores para chuva, que para a água de torneira (71,83% e 100,8%).

A condutividade elétrica da água de torneira é maior 24,57% que da chuva de 17 de outubro e 41,23% que da chuva de 24 de outubro. Essa variação da condutividade elétrica, se deve, muito provavelmente, ao fato da água da UFRN ser uma água de poço subterrâneo, propensa ao enriquecimento por sais por causa de seu contato direto com solo, além desse solo estar localizado numa faixa costeira, muito próximo ao mar, que rico em sais, principalmente de cloretos.

## 5. CONCLUSÃO

Essa pesquisa concebeu e construiu de um filtro simples, de fácil utilização e baixo custo com o objetivo de garantir a qualidade da água de chuva coletada e armazenada em cisternas. Adotando-se os materiais comuns areia, brita e incremento de geotêxtil, bem como apenas o geotêxtil de elemento filtrante e considerando os métodos executados com seus respectivos resultados e discussões gerados, pode-se concluir que:

- É inviável a adoção de filtros de areia para pré-tratamento de água de chuva nas condições estudadas;
- Os dados obtidos de qualidade da água são insuficientes para inferir o grau de eficiência do geotêxtil na filtração da água de chuva;

- A utilização de outras espessuras de geossintético, quantidade de camadas e diâmetro de tubulação, nesses moldes deve ser estudada para cada situação;
- É necessário o cuidado na aquisição dos materiais. No caso de tubos e conexões de PVC, dá preferência para uso de um mesmo fabricante;
- Não recomenda-se a utilização de conexões tipo tê, ou com angulação de 90°, como ramificação em condutores verticais, para descarte dos primeiros milímetros de uma precipitação.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C. O. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI SIMPÓSIO LUSO-BARSILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2004, Natal, Brasil. Anais ... Natal: ABES/APESB/APRH. 2004.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). ZANELLA, Luciano. Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico], Coleção IPT Publicações, São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L. Apontamentos Sobre as Políticas Públicas de Combate à Seca no Brasil: Cisternas e Cidadania?. Cadernos Gestão Pública e Cidadania, São Paulo, v. 15, n. 56, p.65-80, 2010.

GOMES, L. M. F. Geotêxteis e Suas Aplicações. Seminário: A Indústria Têxtil nos Caminhos da Inovação, Universidade da Beira Interior - UBITEX. Covilhã, p.10- 20. 2001.

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da Pré-filtração e Filtração Lenta no Tratamento de Água. Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.017-024, jan./dez., 2004.

KOERNER, R. M. Designing with Geosynthetics, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 3<sup>rd</sup> ed. 1994.

International Geosynthetics Society – IGS. Classificação dos Geossintéticos. Disponível em <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/1.pdf>>. Acesso em 30 de setembro de 2016.

International Geosynthetics Society – IGS. Funções dos Geossintéticos. Disponível em <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/2.pdf>>. Acesso em 30 de setembro de 2016.

SCHUJMANN, O. S. Estudo da viabilidade técnica de utilização de geotêxteis não tecidos para filtração da água da chuva, Monografia. EESC - USP. 2010.

MELO, R. L. C. Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação, Tese de Mestrado. UFRN. 2007.

CÁRITAS BRASILEIRA. Cadernos Cáritas: O Semi-árido brasileiro. 2002. Disponível em <<http://caritas.org.br/wp-content/uploads/2011/03/caderno-3.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2016.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. 2009. Disponível em <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro\\_conservacao/capitulo8.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf)>. Acesso em 15 de outubro de 2016.

VERTEMATTI, José Carlos. Curso Básico de Geotêxteis - CBG. 1. ed. Rio de Janeiro: ABINT, 2001. Disponível em <<http://www.abint.org.br/pdf/Apostila%20-%20CBG.pdf>>. Acesso em 4 de outubro de 2016.

CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. L.; RESENDE, G. M. Em busca de água no sertão do Nordeste. 2002. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/153000/1/OPB991.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Até 2030 planeta pode enfrentar déficit de água de até 40%, alerta relatório da ONU. 2015. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 11 mai. 2016.