

## I-082 - AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA COM USO DE GEOTÊXTIL COMO ELEMENTO FILTRANTE

**Maria Cecília de S. e Souza<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

**Fagner Alexandre Nunes de França<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre e Doutor em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Maria Lacerda Montenegro, 80 – Nova Parnamirim - Parnamirim - RN - CEP: 59152-600 - Brasil - Tel: (84) 992129494 - e-mail: [mariasouza.eng@outlook.com](mailto:mariasouza.eng@outlook.com)

### RESUMO

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. Também foi visto que a presença de arestas na tubulação de coleta e transporte da água da chuva propicia o acúmulo de sujeira oriunda da área da captação, favorecendo a contaminação da água armazenada e o mau cheiro no interior das instalações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água de chuva, geossintético, geotêxtil, filtração, cisterna.

### 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. 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 10 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.

As cisternas são elementos de armazenamento de água proveniente de chuvas, geralmente inseridos em um sistema composto de: 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).

O uso do reservatório para descarte das primeiras águas se justifica pelo processo de formação e precipitação da chuva. Essa tem origem 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) arrastando consigo os poluentes e promovendo a limpeza do ambiente de contato. Por essa razão, descarta-se as primeiras águas da chuva, que possuem elevado grau de contaminação.

Um estudo feito por 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.

Segundo Andrade Neto (2004) a contaminação da água de chuva ocorre geralmente na superfície de captação ou quando armazenada de forma não protegida. 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.

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, são classificados em dois grandes grupos: os tecidos e os não-tecidos. 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.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Inicialmente montou-se um pequeno filtro composto por camadas de areia, brita e geotêxtil, conforme detalhado na Figura 1, para ser acoplado em condutores verticais de calhas pluviais.

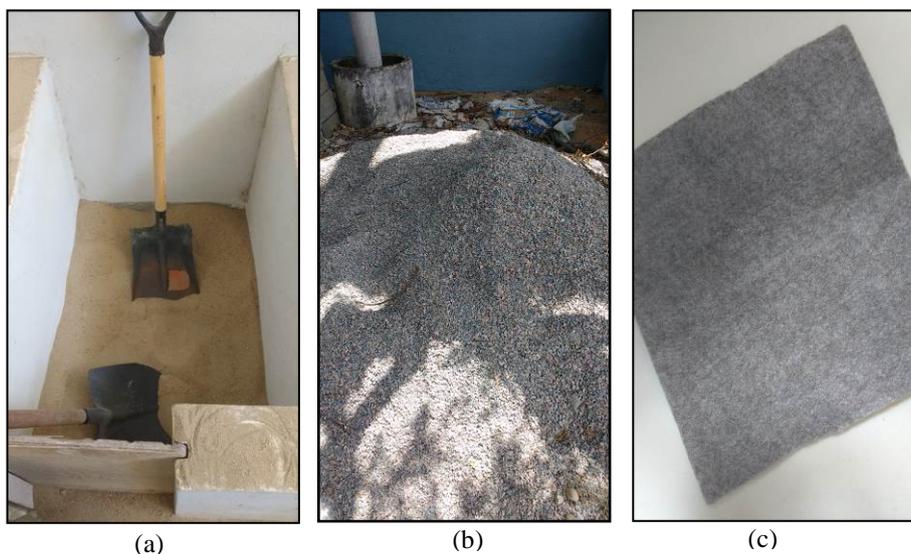
Os materiais empregados na montagem desse filtro foram areia média, peneirada com tela, livre de materiais orgânicos (galhos, folhas e sementes); brita nº0 e geotêxtil não-tecido, 100% poliéster de gramatura 255g/m<sup>2</sup>, mostrados na figura 2. Na Tabela 1, tem-se as principais especificações físicas, e hidráulicas do geotêxtil.



**Figura 1 - Representação de filtro de areia.**

**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



(a) Areia média; (b) Brita n°0; (c) Geotêxtil não-tecido, 255g/m<sup>2</sup>

**Figura 2 – Materiais utilizados para montagem de filtro de areia.**

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 3, 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 4.

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.

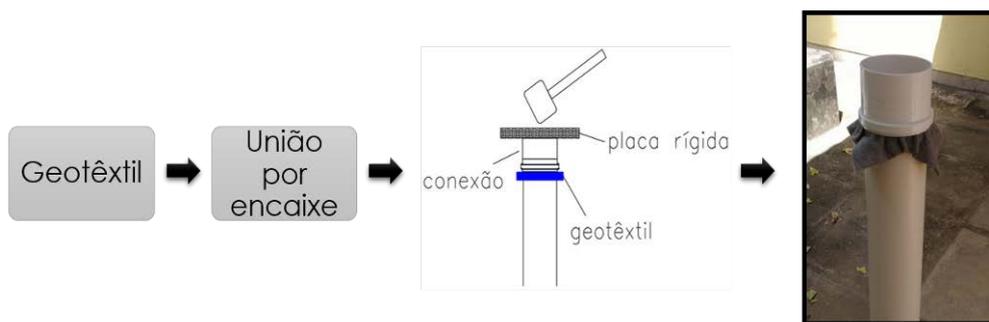


Figura 3 – Representação de encaixe de geotêxtil em conexão de pvc.



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

Figura 4 – Perda de carga em filtro de areia.

Observando os estudos realizados por Schujmann (2010), concebeu-se uma nova proposta de filtro adotando somente o geotêxtil como elemento filtrante. A Figura 5 mostra o esquema do novo filtro composto por uma bateria de três camadas de geotêxtil espaçadas entre si.

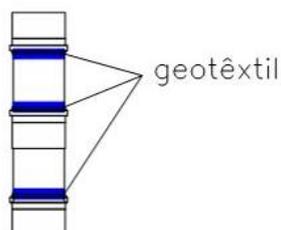


Figura 5 – Representação do filtro de geotêxtil.

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.

#### 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 6 e aplicando-se a NBR 10884/1989 (Instalações prediais de águas pluviais) o volume de chuva a ser descartado pode ser calculado utilizando as equações (1) e (2):

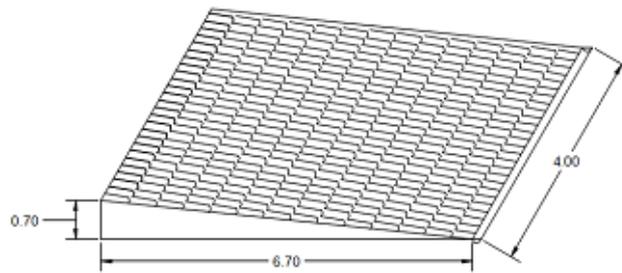


Figura 6 – Representação da área de captação.

$$A_{\text{captação}} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b \quad A_{\text{captação}} = \left(6,70\text{m} + \frac{0,70\text{m}}{2}\right) \cdot 4,0\text{m} = 28,2\text{m}^2 \quad \text{equação (1)}$$

$$V_{\text{descarte}} = A_{\text{captação}} \cdot h_{\text{precipitação}} \quad V_{\text{descarte}} = 28,2\text{m}^2 \cdot 0,002\text{m} = 0,0564\text{m}^3 = 56,4\text{l} \quad \text{equação (2)}$$

A Figura 7 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.

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.



Figura 7 – Representação do protótipo de coleta e filtração de água de chuva.

## **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 4), 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.

A presença de arestas no interior das tubulações, decorrente das conexões, favoreceram o acúmulo de sujeira nas instalações que por sua vez geraram maus odores. Foi percebido a presença de areia, pequenos galhos e uma borra preta, com aparência de lodo. O mau odor indica a presença de matéria orgânica e a possível decomposição dela no interior das tubulações.

## **FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO**

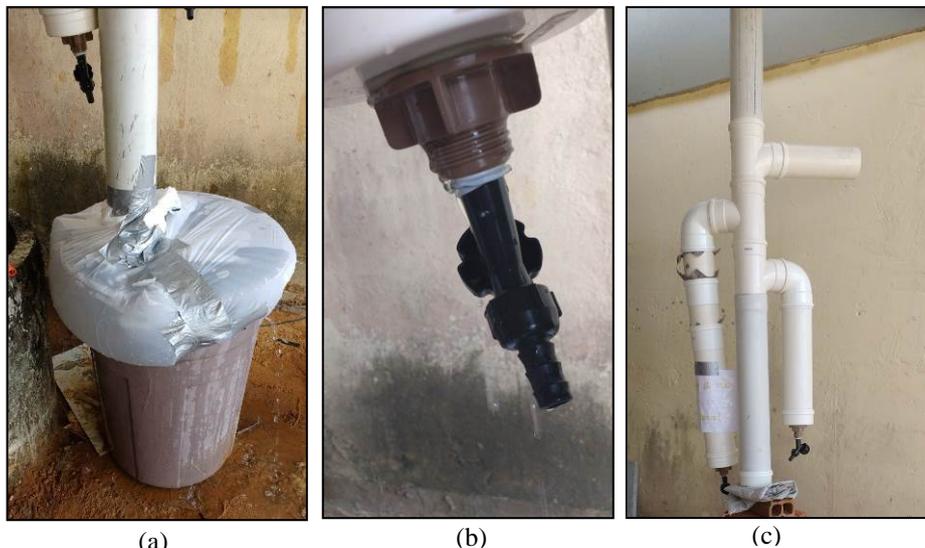
Ocorrida a primeira chuva (12/10/2016), apenas o descarte foi preenchido e os ramais tanto de água filtrada como da não filtrada estavam completamente secos. No entanto, choveu durante todo o dia e observada a fragilidade do tampo plástico em resistir à pressão da água, resolveu-se fazer um teste. Com 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.

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. 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.

A Figura 8 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.

Um mês depois da última precipitação o equipamento foi desmontado. Na ocasião notou-se o acúmulo de sujeira, especialmente nas arestas das conexões, e forte mau odor no interior da tubulação em decorrência da presença de matéria orgânica proveniente da área de captação, conforme mostra a figura 9. Areia, pequenos galhos e uma borra preta foram vistas no interior da tubulação. O mau odor é um indicador de decomposição da matéria orgânica e de possível contaminação.



(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.

**Figura 8 – Equipamento de coleta e filtração de água de chuva.**



**Figura 9 – Acúmulo de sujeira na tubulação de coleta de água de chuva.**

## CONCLUSÕES

Essa pesquisa concebeu e construiu o protótipo 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;
- Sistema de encaixe entre o geotêxtil e a tubulação de PVC sem uso de material colante é seguro;
- 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 é recomendado a utilização de conexões tipo tê, ou com angulação de 90°, como ramificação em condutores verticais, para descarte dos primeiros milímetros de uma precipitação;
- Não é recomendado a presença de arestas e possíveis bolsas no interior das tubulações de coleta de água de chuva;
- É imprescindível a verificação das condições de uso e a manutenção das instalações de coleta de água de chuva (calhas, condutores verticais e horizontais). Dá preferência a instalações móveis, que facilitam a manutenção e limpeza do sistema de coleta.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ANDRADE NETO, C. O. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI SIMPÓSIO LUSOBARSILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2004, Natal, Brasil. Anais ... Natal: ABES/APESB/APRH. 2004.
2. 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.
3. International Geosynthetic Society – IGS. Funções dos Geossintéticos. Disponível em <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/2.pdf>>. Acesso em 30 de setembro de 2016.
4. MELO, R. L. C. Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação, Tese de Mestrado. UFRN. 2007.
5. 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.
6. 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.
7. SCHUJMANN, O. S. Estudo da viabilidade técnica de utilização de geotêxteis não tecidos para filtração da água da chuva, Monografia. EESC - USP. 2010.