

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CAIO HENRIQUE OLIVEIRA LOPES

GABRIELA CORNÉLIO PIRES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA
TRATADA E ÁGUA PLUVIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

ANÁPOLIS / GO

2020

CAIO HENRIQUE OLIVEIRA LOPES

GABRIELA CORNÉLIO PIRES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA
TRATADA E ÁGUA PLUVIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADORA: WANESSA MESQUITA GODOI
QUARESMA**

ANÁPOLIS / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

LOPES, CAIO HENRIQUE OLIVEIRA/ PIRES, GABRIELA CORNÉLIO

Análise comparativa da utilização de água tratada e água pluvial na construção civil

46P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Água Pluvial

3. Sustentabilidade

I. ENC/UNI

2. Construção Civil

4. Reuso

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LOPES, Caio Henrique Oliveira; PIRES, Gabriela Cornélio. Análise comparativa da utilização de água tratada e água pluvial na construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 46p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Caio Henrique Oliveira Lopes

Gabriela Cornélio Pires

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise comparativa da utilização de água tratada e água pluvial na construção civil.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Caio Henrique Oliveira Lopes

Caio Henrique Oliveira Lopes

E-mail: lopescaio29@hotmail.com

Gabriela Cornélio Pires

Gabriela Cornélio Pires

E-mail: gabrielapires2511@hotmail.com

**CAIO HENRIQUE OLIVEIRA LOPES
GABRIELA CORNÉLIO PIRES**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA
TRATADA E ÁGUA PLUVIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**WANESSA MESQUITA G. QUARESMA, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADORA)**

**EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**AGNALDO ANTÔNIO M. T. DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de Novembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos, e ainda me dá forças e determinação para alcançar objetivos futuros.

Aos meus pais, por nunca terem medidos esforços para que eu tivesse estudo de qualidade durante a minha vida escolar, por estarem ao meu lado em todas as decisões que sempre tomei, e demonstrarem sempre o amor incondicional que têm por mim.

À minha irmã, por me dar suporte nos momentos de dificuldade em nossas vidas e ser a melhor amiga que sempre tive. Aos meus avós paternos que sempre transpareceram seu amor por mim nos mínimos detalhes. Aos meus avós maternos, que já não se encontram mais entre nós, mas que deixaram ensinamentos valiosos para toda a vida.

À minha namorada, que é a pessoa mais incrível e dedicada que conheço e me inspira cada dia mais a crescer na vida e me tornar uma pessoa melhor.

À minha colega deste trabalho e nossa orientadora, por estarem sempre dando todo o suporte e conhecimento necessário para concluirmos com excelência.

A todos os meus familiares e amigos que contribuem diariamente, direta ou indiretamente, para o meu crescimento e me dão força de vontade para manter o foco e sempre seguir em frente.

Caio Henrique Oliveira Lopes

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos é sem dúvidas o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço a minha mãe Maria José Cornélio, heroína que me deu apoio quando eu quis desistir de tudo, meu incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço, me fortaleceu, acreditando que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou. Sou grata a minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida.

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalho e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Meus sinceros agradecimentos a minha orientadora que apesar de intensa rotina de sua vida acadêmica aceitou a me orientar e suas valiosas indicações fizeram toda diferença.

Ao meu colega deste trabalho, por compartilhar comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado e por todo companheirismo ao longo deste percurso.

Por fim, agradeço todas as pessoas que de alguma forma estiveram envolvidas na realização deste trabalho.

Gabriela Cornélio Pires

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o consumo de água na construção civil, a fim de validar a viabilidade de aproveitamento e armazenamento de águas pluviais no canteiro de obra. A disponibilidade de água no presente panorama global faz com que seja fundamental a estabilidade dos recursos hídricos. Em relação ao acréscimo populacional e a demanda por água para o consumo e produção se torna cada vez maior, tornando se importante o aproveitamento e a reutilização quando possível, sendo a construção civil um dos ramos que mais utiliza grandes quantidades hídricas. O crescimento do mercado imobiliário tem levado á necessidade de grandes volumes de água durante a construção de obras civis. O reuso da mesma em canteiros tornou – se uma ferramenta importante para a conservação da água, além de ser fonte de redução de custos em novos projetos de desenvolvimento. Idealizando a fusão entre a necessidade de construir de forma sustentável e ao mesmo tempo uma fonte de redução de custos e novos empreendimentos, foi considerado o tema dessa pesquisa o qual consiste na elaboração de projeto de cura do concreto e o aproveitamento de água no canteiro de obra, assim como a necessidade da conscientização de toda população referente ao recurso limitado que é a água. Foi visitada a empresa de produção de concreto Fort Beton que repassou informações importantes referentes ao reuso da água pluvial e do reaproveitamento de outras águas. Durante o trabalho foram repassadas e detalhadas algumas normas brasileiras da ABNT que são necessárias para chegar às devidas conclusões. Foram coletadas duas diferentes amostras de água, uma pluvial e a outra tratada, ambas analisadas em laboratório na cidade de Anápolis (GO), por químico responsável. Com os dados recebidos e analisados foi possível associar os valores às exigências das normas brasileiras citadas.

PALAVRAS-CHAVE:

Água Pluvial. Construção Civil. Sustentabilidade. Reuso.

ABSTRACT

The present work aims to present water consumption in civil construction, in order to validate the feasibility of using and storing rainwater at the construction site. The availability of water in the present global panorama makes the stability of water resources essential. In relation to population growth and the demand for water for consumption and production, it is becoming more and more important, making it important to use and reuse it when possible, with civil construction being one of the branches that most uses large amounts of water. The growth of the real estate market has led to the need for large volumes of water during the construction of civil works. The reuse of it in construction sites has become an important tool for water conservation, in addition to being a source of cost reduction in new development projects. Idealizing the fusion between the need to build in a sustainable way and at the same time trying to reduce costs and new ventures, the theme of this research was considered, which consists of the elaboration of a concrete curing project and the use of water in the construction site. work, as well as the need for awareness of the entire population regarding the limited resource that is water. The concrete production company Fort Beton was visited and passed on important information regarding the reuse of rainwater and also the reuse of other waters. During the work, some Brazilian ABNT standards were reviewed and detailed, which are necessary to reach the appropriate conclusions. Two different water samples were collected, one rainwater and the other treated, both analyzed in the laboratory in the city of Anápolis (GO), by a responsible chemist. With the data received and analyzed, it was possible to associate the values with the requirements of the Brazilian standards mentioned.

KEYWORDS:

Rainwater. Civil Construction. Sustainability. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Proporção da área territorial, disponibilidade hídrica e população para as cinco regiões do Brasil.....	9
Figura 2 - Esquema de coleta de água da chuva.....	12
Figura 3 - Função da água para a cura do concreto.....	15
Figura 4 - 3P Filtro Compacto da empresa alemã 3P Technik.....	17
Figura 5 - Exemplo de aplicação do filtro 3P Filtro Compacto em uma cisterna de concreto.	18
Figura 6 - Telhado onde foi feita coleta da amostra de água pluvial.....	21
Figura 7- Reservatório da residência onde a amostra foi coletada.....	22
Figura 8 – Processo de produção do concreto.....	23
Figura 9 - Processo de limpeza dos caminhões.....	24
Figura 10 - Tanque de captação de água após lavagem de caminhões betoneira.....	25
Figura 11 - Tanque de armazenamento de água após filtragem.....	25
Figura 12 - Gráfico do Potencial de Hidrogênio das amostras.....	29
Figura 13 - Gráfico da quantidade de Ferro Total presente nas amostras.....	30
Figura 14 - Concentração de Cloretos nas amostras.....	30
Figura 15 - Sólidos Totais Dissolvidos por amostra.....	31

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Requisitos químicos para a água segundo NM137:97	19
Tabela 2 - Teor máximo de cloreto em água para amassamento segundo NBR 15900-1	20
Tabela 3 - Análise físico-química da água tratada.	27
Tabela 4 - Análise físico-química da água pluvial coletada.	28

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ANA	Agência Nacional das Águas
EPCC	Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NR18	Norma Regulamentadora 18
NM	Norma Mercosul
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
1.1 JUSTIFICATIVA.....	5
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo geral	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 METODOLOGIA	6
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
2 O ESTUDO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	8
2.1 MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAS	8
2.2 DISTRIBUIÇÃO HÍDRICA.....	8
2.3 HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL.....	9
2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	10
2.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO.....	11
3 ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	13
3.1 USO HUMANO.....	13
3.2 ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE PASTAS, ARGAMASSAS E CONCRETO	13
3.2.1 Pastas	13
3.2.2 Argamassas	14
3.2.3 Concretos.....	14
3.3 USO NO RESFRIAMENTO E CURA DO CONCRETO	14
3.4 USO NA LIMPEZA E SERVIÇOS GERAIS	15
3.5 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL.....	15
3.5.1 Qualidade da água da chuva	16
3.5.2 Tecnologias para filtragem e tratamento da água da chuva	17
3.6 USO DA ÁGUA PLUVIAL POR CONSTRUTORAS NACIONAIS.....	18
4 NORMAS TÉCNICAS REFERENTES A ÁGUA NO SETOR CONSTRUTIVO	19
4.1 NORMA MERCOSUL NM 137:97	19
4.2 NBR 15900-1	20
5 COLETA, MANUSEIO E PREPARO DE AMOSTRAS.	21
5.1 CAPTAÇÃO DA AMOSTRA DE ÁGUA PLUVIAL.....	21
5.2 COLETA DA AMOSTRA DE ÁGUA TRATADA.....	23
5.3 DIFERENTES TIPOS DE REUSO NA EMPRESA FORT BETON	23

6 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS COLETADAS.....	27
6.1 ANÁLISE DA ÁGUA TRATADA	27
6.2 ANÁLISE DA ÁGUA PLUVIAL	28
6.3 COMPARATIVO ENTRE ÁGUAS COLETADAS.....	29
7 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A construção civil engloba diferentes tipos de obras como casas, edifícios, estradas, portos, túneis e outras diversas construções. No decorrer da história diversas invenções contribuíram para o processo construtivo, como a invenção da roda, por exemplo, que facilitou o transporte de pessoas e materiais.

Acompanhada sempre de toda evolução, está a água. O recurso natural mais abundante da superfície terrestre contribui desde os primórdios da humanidade para essa evolução, desde processos primitivos de irrigação, até as diversas formas de utilização aplicadas atualmente, seja no uso doméstico, industrial ou agrícola.

O consumo de água de forma exacerbada e as vezes desnecessária, cada vez mais, é foco de preocupação para a população brasileira. É inquestionável que, no nosso dia a dia, acabamos desperdiçando esse recurso natural. Na indústria de construção civil não é diferente, visto que no Brasil cerca de 6% da água utilizável é voltada para indústrias (ANA, 2016)¹.

Algumas pesquisas datadas de 1997 já apontavam que 35% da população mundial vivem em regiões de moderado ou alto stress hídrico, ou seja, com um nível de consumo superior a 20% da disponibilidade de água (SILVA; VIOLIN; SANTOS, 2013). Nesse tocante, é notório que o uso racional da água é indispensável, principalmente nos dias atuais, dado o aumento populacional até as datas atuais.

Uma das alternativas para evitar o desperdício é a reutilização da água pluvial. Na construção civil pode-se pensar em diferentes utilidades para esse recurso, como produção de concreto, na sua cura em diferentes partes das construções e na limpeza final das obras. Além de evitar o desperdício de água potável, é notável também uma economia no valor final de execução, visto que levam meses para finalizar uma obra de qualidade, e conseqüentemente, muita água potável.

As duas principais vantagens do aproveitamento de água da chuva são: a redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento dela, e a melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que ajuda a controlar as cheias. O recolhimento de água da chuva não é apenas uma medida de conservação de água, é também uma medida de conservação de energia, pois a energia requerida para operar um sistema de água centralizado é reduzida e, além disso, diminui a erosão local e as inundações provocadas pelo escoamento superficial.

¹ ANA - Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016/Agência Nacional de Águas – Brasília.

1.1 JUSTIFICATIVA

O desperdício de água utilizável aumenta consideravelmente no Brasil, e exemplo recente disso foi a crise hídrica no estado de São Paulo, na qual o sistema Cantareira, por exemplo, caiu quase pela metade (LEITE, 2014), sistema que abastece cerca de 8,8 milhões de pessoas, deixando inúmeras delas com abastecimento zerado ou incorreto da água.

Tendo isto em vista, iniciaremos uma pesquisa que visa utilizar os recursos pluviais para diminuir o consumo de água tratada na construção civil, evitando baixas em reservatórios e conscientizando engenheiros e operários do setor a economizar em diferentes frentes, valendo da ideia de que a falta de água pode ser reduzida em outros setores, como no doméstico e na agricultura.

É notória a necessidade de atenção imediata quanto à utilização de recursos sustentáveis na indústria da construção civil, dessa forma, obtendo soluções ecologicamente corretas é possível mudar o cenário dramático que presencia-se na atualidade, afim de reduzir futuros racionamentos de água, evitar enchentes e alagamentos com um armazenamento adequado, além de manter o meio ambiente em sua ordem natural.

1.2 OBJETIVOS

Este tópico tem por finalidade detalhar os objetivos, tanto gerais, quanto específicos, do trabalho a ser apresentado.

1.2.1 Objetivo geral

Estudar as características da água pluvial e verificar se esta é apta a utilização na construção civil, além de verificar o impacto da permuta pela água tratada quanto às propriedades físicas de uma construção.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo do uso da água pluvial;
- Analisar as características físico-químicas da água pluvial;
- Analisar as inferências das características físico-químicas da água pluvial na adição no concreto;

- Verificar a diferença entre a água usual da construção civil e a água da chuva quanto à economia, adequação a normas e sustentabilidade;
- Visitar uma indústria que utiliza águas pluviais para verificação e comparação do método.

1.3 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma análise físico-química de uma amostra da água pluvial que foi captada e armazenada na data de 29 de setembro de 2020 e de uma amostra de água tratada de uma torneira comum, ambas analisadas no dia posterior, com o intuito de comparar e verificar se há alterações impactantes no segmento da pesquisa. A análise foi realizada pelo laboratório Total Quality, em Anápolis-GO, sob os cuidados do Químico Antônio Edilberto. Feita a análise comparativa qualitativa e quantitativa, com tabelas, terão-se os dados e o conhecimento necessário que um engenheiro necessita para aplicar essa permuta no cotidiano da construção civil.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo é apresentada uma sucinta introdução sobre o tema abordado de um modo geral, mostra os objetivos gerais e específicos, a justificativa pela qual o tema foi escolhido, a metodologia a ser utilizada e toda a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo contém o estudo bibliográfico sobre o Estudo das Águas Pluviais, onde estão descritos o manejo das águas pluviais, a distribuição hídrica, o histórico da captação da água pluvial, as principais formas de captação e como essas águas se aplicam nos ramos da construção civil.

O terceiro capítulo aborda a água na construção civil, os aspectos necessários humanos, a água na produção de pastas, argamassas e concreto, os usos da água no resfriamento do concreto, o uso na limpeza e serviços gerais e a reutilização da água pluvial. Abordando também a utilização da água pluvial em empresas brasileiras, inclusive na cidade de Anápolis.

O quarto capítulo aborda normas brasileiras que estão diretamente ligadas à água utilizada na construção civil, principalmente quanto à sua utilização na produção de concreto, na sua cura e amansamento.

No quinto capítulo descreve-se como foi a coleta, o manuseio e a análise das amostras das águas tratada e pluvial estudadas, demonstrando o processo com imagens.

No sexto capítulo são detalhadas as análises físico-químicas de ambas as amostras coletadas, fazendo um comparativo entre as amostras e as exigências das normas brasileiras, e o comparativo entre ambas as amostras, de água tratada e água pluvial.

2 O ESTUDO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Neste capítulo, inicialmente, apresentará alguns conceitos na extensão territorial, os climas do Brasil possuem uma grande variedade, dependendo das formas de relevo, da altitude e da dinâmica das correntes e massas de ar. A seguir, será apresentada o clima de cada região do Brasil e o período da estação chuvosa para cada uma delas.

2.1 MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAS

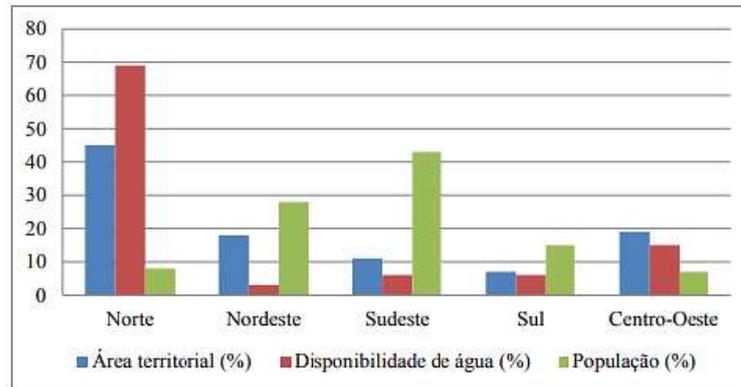
Um dos principais ciclos naturais do nosso planeta, a água percorre longo caminho desde topo até a profundidade originalmente pela infiltração ou escoamento, dependendo das características do interior do solo e das condições do relevo. Ao infiltrar no solo, a água poderá percolar grandes profundidades, atingindo e alimentando lençóis freáticos e aquíferos, escorar em função de variação nas condições de drenagem interna ou a condutividade hídrica e inclinação do terreno ou ser absorvida pelas raízes dos vegetais, participando assim do processo de ciclagem natural dos nutrientes nos ecossistemas (PEREIRA, 2012).

2.2 DISTRIBUIÇÃO HÍDRICA

Villiers (2002, apud MAY, 2004) aponta que 20% da água de escoamento global originam-se exclusivamente na Bacia Amazônica, que é uma das maiores bacias hídrica do planeta e corresponde a um quinto de toda reserva global. Tomaz (2011, apud MAY, 2004) cita que o Brasil contém 12% da água doce do mundo, porém a porcentagem é distribuída de forma desigual em seu território. Em alguns estados do Brasil – como Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte-, a disponibilidade hídrica per capita e escassez para atender a demanda necessária.

A Figura 1 a seguir relaciona a disponibilidade hídrica, população e a área territorial das cinco regiões que o Brasil compreende.

Figura 1 - Proporção da área territorial, disponibilidade hídrica e população para as cinco regiões do Brasil.



Fonte: IBGE (2010); ANA (2013).

O uso acentuado da água favorece uma atual crise hídrica que pode ser vivida em todo o mundo, necessitando-se de alternativas mais eficazes para um melhor aproveitamento. Uma delas é a utilização da água pluvial em canteiros de obras da construção civil.

2.3 HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

A água pluvial é uma das formas mais antiga e simples de abastecimento. Há relatos que a utilização da água da chuva tem sido um método exercido por diferentes civilizações ao longo do tempo em vários lugares do mundo. Há registros de existirem inúmeras cisternas escavadas utilizadas para o armazenamento da água, que são anteriores a 3000 a.C. (SAUTCHÚK, 2044; MARINOSKI, 2007).

No Brasil, a instalação mais antiga é na ilha de Fernando de Noronha em 1943, realizada pelos norte-americanos (MAY, 2004). Atualmente a ilha ainda faz uso do reaproveitamento.

Schistek (2011, apud MAY, 2004) relata que o Semiárido Brasileiro é caracterizado por chuvas irregulares e pela alta taxa de evaporação potencial. O subsolo apresenta estrutura cristalina (aproximadamente 80%), com ausência de lençol freático. Apesar da limitada disponibilidade hídrica, a captação de água da chuva é uma alternativa eficiente para o uso da água para consumo humano e para a construção civil.

Fundada no Brasil em 1999, a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva, é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços (ABCMAC, 2020).

Com o avanço das pesquisas, visando diminuir o consumo de água potável e maximizar o aproveitamento de água pluvial, foram desenvolvidas normas técnicas voltadas a instalação do sistema de captação. Inicialmente, no ano de 1989, foi publicada pela ABNT a NBR 10.844, denominada “Instalações prediais de água pluviais”, caracterizada por critérios e exigências necessárias para a execução de projetos na instalação de drenagem (BRASIL, ABNT, 1989).

Em 2007, surge a NBR 15.527, “Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”, apresentando como objetivo principal: “Fornecer os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”. (ABNT, 2007).

2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Há dois aspectos a serem analisados na importância do uso de água não potável: o aspecto ambiental e o aspecto econômico.

O ambiental engloba a redução do impacto nos mananciais e a diminuição da demanda da água proveniente de companhias de abastecimentos. É importante destacar que o uso contribui para minimizar o impacto das águas pluviais escoadas sobre as bacias, que causam alagamentos nos grandes centros, impactos estes que vem aumentando de forma considerável a medida que o espaço urbano é ampliado (MAY, 2004).

Quanto ao aspecto econômico não seria diferente do ambiental pois ambos andam juntos e promovendo o desenvolvimento da economia, tanto para a população quanto na área da construção civil e entre outros.

A coleta de água da chuva é uma medida eficaz para eliminar o desperdício de água, e carece de ser implantada no cenário brasileiro, devido aos benefícios socioambientais gerados pelo sistema. Segundo (SPEZZIO, 2015), a implementação do uso da água da chuva se mostra inferior a 1% no valor total da obra.

Nesse caso, a Engenharia Civil, como área de extrema importância no desenvolvimento da sociedade, tem buscado alternativas para o aproveitamento de água de chuva, visando o prolongamento do seu ciclo de vida; seja na inclusão de novas práticas, aplicadas em seus processos, ou na elaboração de projetos que aproveitem ao máximo o recurso já utilizado (COCCO, 2017).

A indústria da construção civil tem que acompanhar o progresso populacional do mundo (HORVATH, 2004). Como resultado, as construções civis usam mais da metade dos

recursos naturais extraídos da terra em ambientes de produção e manutenção construídos (CBCS, 2014). De maneira geral a água não é vista nem tratada como material de construção, mesmo sendo conhecido por todos que o consumo deste recurso durante a execução da obra é muito alto (NETO, 2015).

Conforme Rillo (2006), a água de chuva pode ser empregada em diversos locais no canteiro de obra, como na produção de argamassas, limpeza do canteiro, molhar materiais de concreto durante a cura da argamassa, limpeza dos pneus dos veículos (que ao sair do local da construção podem levar sujeiras nas ruas da cidade), umidificar materiais finos (que são armazenadas a céu aberto no próprio canteiro de obras) e inclusive pode ser usada em oficinas de concreto ou em pedreiras.

Algumas construtoras implantam um sistema de reutilização da água de chuva, processando e levando ao reservatório para ser utilizada posteriormente em bacias sanitárias, lavatórios, limpeza de ferramentas e entre outras (SANTOS, 2015).

2.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO

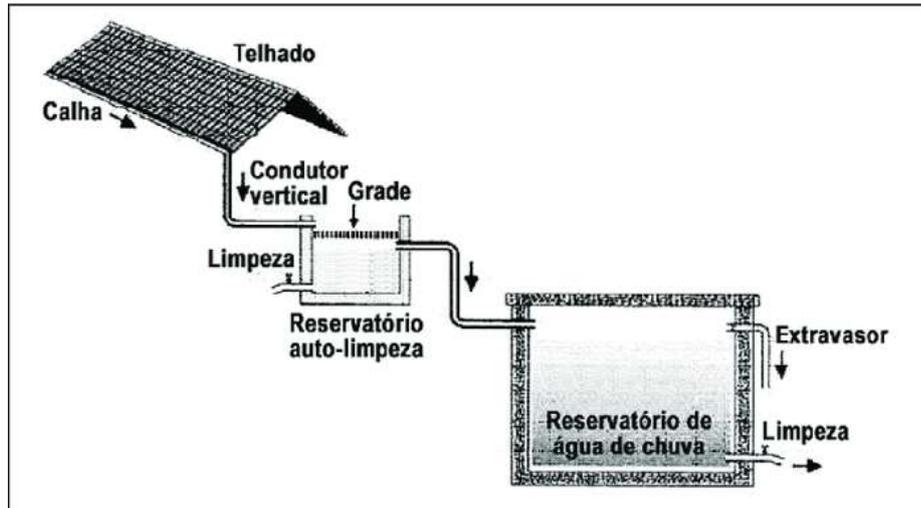
De acordo com a norma brasileira NBR 15527/07 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, é fundamental que a concepção do projeto do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais atenda aos requisitos da NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais – O procedimento é da NBR 5626/98 – Instalação Predial de Água Fria.

O Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações, organizado em mescla da Agência Nacional das Águas – ANA, a Federação das Indústrias Do Estado de São Paulo – 2005, apresenta um regulamento básico para a execução do sistema de coleta, tratamento e uso de água da chuva. Esse regulamento consiste em algumas etapas:

- Determinação da área da coleta;
- Projeto dos Sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto de cisterna, reservatório;
- Qualidade da água pluvial;
- Área de Captação
- Condutores (calhas, tubulações, etc.)

Conforme May (2004 apud CARLON, 2005), os recursos de coleta e utilização de água de chuva em construções são feitos por elementos principais: área de coleta; condutores; armazenamento e tratamento. Na imagem abaixo é apresentado um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, no qual a água é coletada pela superfície do telhado e guardada em um reservatório após passar por um sistema de filtragem.

Figura 2 - Esquema de coleta de água da chuva.



Fonte: May (2004)

3 ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo irá tratar dos diversos usos da água na construção civil, tanto a água potável quanto a água pluvial. De acordo com Pedroso (2009) o cimento é o material construtivo mais consumido do mundo, e como não é utilizado sozinho a água está sempre o acompanhando, seja para produção de pasta ou para qualquer tipo de concreto. Esse último é o principal componente de uma obra, na qual o uso de água é indispensável para a reação química com o cimento, denominada hidratação.

3.1 USO HUMANO

A NR-18 (MTE, 1978), que garante condições de trabalho para os operários da indústria da construção civil, no que diz respeito à necessidade da água, impõe que haja bebedouros, para hidratação dos funcionários, instalações hidrossanitárias para higiene e necessidades fisiológicas, e refeitórios alimentação dos mesmos.

De acordo com Silva (2006) o consumo diário de água por operário não alojado, não inclusa a refeição, chega a 45 litros por dia. Por outro lado, com a refeição sendo preparada na obra, esse consumo pode chegar a 65 litros. Mesmo que pareça pouco em números isolados, uma obra de grande porte demanda muitos funcionários, sendo assim, o consumo de água se torna ainda maior.

3.2 ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE PASTAS, ARGAMASSAS E CONCRETO

Pastas, concretos e argamassas são elementos que encorpam uma construção. Para a produção de todos esses materiais é necessário o uso de água, e na maioria dos casos acompanhados por normas técnicas.

3.2.1 Pastas

De acordo com Moreira (2004), de uma forma sintética pode-se definir a pasta como a mistura de cimento e água. A pasta sozinha não tem nenhuma utilidade dentro de construção civil, por outro lado, quando empregada ao concreto, a sua função é compor uniformemente os espaços vazios entre os agregados graúdos e miúdos, evitando alto número de índice de vazios no concreto, evitando patologias que podem decorrer desses espaços vazios.

3.2.2 Argamassas

A argamassa, ainda de acordo com Moreira (2004), é composta pela adição de pasta, anteriormente citada, e agregado miúdo. A argamassa tem como funções primordiais: impermeabilizar o substrato de aplicação, garantir bom acabamento ao paramento revestido, absorver deformações naturais que uma estrutura está sujeita e regularizar ou proteger mecanicamente substratos constituídos por sistemas de impermeabilização ou isolamento termo acústico, além de outras funções como unir componentes de uma alvenaria, além de distribuir uniformemente os esforços atuantes na mesma (RECENA, 2007).

3.2.3 Concretos

O concreto é um material de construção heterogêneo resultante da mistura de um aglomerante hidráulico, geralmente o cimento Portland (embora possam ser aplicados outros aglomerantes), com materiais inertes (agregados graúdos ou miúdos) e a água.

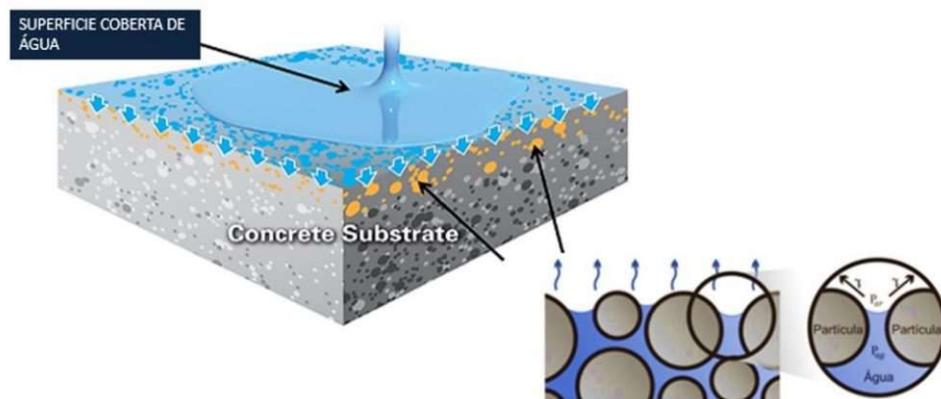
O valor de água gasto em média para a produção de um metro cúbico de concreto é de 211 litros (SILVA; VIOLIN; SANTOS, 2013). Complementando, de acordo com Neto (2005), as impurezas e os sais dissolvidos na água, quando em excesso, podem ser nocivos para os aglomerantes utilizados na preparação de concretos e argamassas. Sendo assim, além de muita demanda por água, a mesma necessita estar tratada para evitar degradação do material a ser construído.

3.3 USO NO RESFRIAMENTO E CURA DO CONCRETO

Como o concreto é formado por sucessivas reações químicas, ele acaba liberando energia em forma de calor. O resfriamento desse concreto, utilizando água gelada ou até gelo, ocorre para evitar fissuras e as vezes trincas. Já os procedimentos de cura do concreto consistem em controle da temperatura e do movimento de água de dentro para fora do concreto, e vice-versa (NEVILLE, 2013), fatores os quais afetam diretamente na resistência e também na durabilidade do concreto.

A Figura 3 exemplifica o processo de cura do concreto, onde a água é despejada pela superfície recém concretada, evitando a evaporação precoce da água utilizada na dosagem de produção do concreto.

Figura 3 - Função da água para a cura do concreto.



Fonte: Topmix (2020)

3.4 USO NA LIMPEZA E SERVIÇOS GERAIS

Além dos usos técnicos e fisiológicos da água no que se refere à construção civil, ainda há o uso desse recurso hídrico para a limpeza, de modo geral, de um canteiro de obras e de equipamentos contidos no mesmo. Além disso, nesse quesito, a água também pode ser utilizada para limpar poeira ou até mesmo fuligem provenientes da construção.

Ainda se tratando indiretamente de limpeza, não menos importante, é notória a utilização da água para molhagem de vias em períodos de seca, evitando que a sujeita se desloque livremente pelo ar, sujando ainda mais o canteiro ou até mesmo locais já limpos.

3.5 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

Há diferentes formas de reuso da água pluvial na construção civil para fins não potáveis, ente eles descargas e até mesmo para limpeza como citado anteriormente. A própria chuva em si tem certa utilidade em algumas áreas da construção civil, uma delas, como apontam Barros e Ribeiro (2009), é para a construção de barraginhas². Após as duas primeiras chuvas o solo fica umedecido, favorecendo a escavação e facilitando a liga e a compactação de aterros.

Já em São Paulo, por exemplo, existe a Lei nº 12.526 (SÃO PAULO, 2007) que obriga a implantação de sistemas de captação da água da em telhados, coberturas, terraços e

² As Barraginhas são pequenas bacias que captam enxurradas, preservam o solo e evitam erosões. Elas proporcionam a infiltração da água das chuvas no terreno e promovem a recarga dos lençóis freáticos, que abastecem nascentes, córregos e rio.

pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m², com objetivo de reduzir o consumo de água potável tratada, visto que caso a água possa ser armazenada, deverá ser utilizada para fins não potáveis, reduzir a velocidade de escoamento da água da chuva para bacias hidrográficas em áreas urbanas com baixo coeficiente de impermeabilização, e também controlar inundações e cheia. Medidas governamentais como essa se fazem necessárias em diferentes cidades e locais em que a água pluvial acaba gerando danos por alta volumosidade, visando sempre a reutilização da água pluvial.

Já a exemplo do concreto, em entrevista ao portal eletrônico da empresa Cimento Itambé (SANTOS, 2015), o geólogo Arnaldo Forti Battagin afirma que não há diferença de utilização de água potável tratada para água da chuva para a produção de concreto, desde que essa água obedeça à NBR 15900: “Água para amassamento do concreto” (ABNT, 2009).

A NBR 15900 não fala especificamente da água pluvial, mas exige uma série de ensaios de composição química para outros tipos de água a serem reutilizadas. Sendo assim também pode-se aplicar essa água, desde que mesma passe por todos os testes conforme explicita a norma técnica.

3.5.1 Qualidade da água da chuva

São diversos os fatores que influenciam na qualidade da água pluvial, entre eles são destacáveis: localização geográfica da área de captação, ou seja, se está próximo a oceanos, áreas urbanas ou rurais, a presença de vegetação no local, a presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de captação e armazenamento como calhas, condutores e telhados citados anteriormente, além de condições meteorológicas como intensidade, duração e tipo de chuva. (PHILIPPI et al, 2006).

Ainda de acordo com Philippi, a ação antrópica é a principal responsável pelo lançamento de compostos que alteram a qualidade da chuva ainda na atmosfera. Atividades industriais, queima de carvão e combustíveis fósseis, e a própria construção civil, acabam liberando substâncias poluentes, como compostos orgânicos de carbono, monóxido e dióxido de carbono.

Segundo Hagemann (2009), existem parâmetros necessários para definir a qualidade da água, são eles: parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros biológicos. Os parâmetros físicos estão relacionados pela presença de sólidos e gases na água coletada, como temperatura, condutividade, cor e turbidez. Os parâmetros químicos se relacionam a presença de compostos químicos, entre eles o pH, alcalinidade, dureza e elementos químicos em geral.

E por último, os parâmetros biológicos se relacionam a presença de seres vivos na água, como coliformes totais e coliformes termotolerantes.

3.5.2 Tecnologias para filtragem e tratamento da água da chuva

Algumas empresas já investem ativamente em sistemas alternativos para filtragem e tratamento de água pluvial. A empresa alemã 3P Technik (2020), por exemplo, é voltada para o desenvolvimento de peças e sistemas de filtragem e tratamento de água pluvial. No primeiro caso para separar sedimentos e materiais grosseiros dessa água, e no segundo para tratamento com processos químicos, como sedimentação, absorção filtração e precipitação química. Um dos filtros de compacto da empresa é o 3P Filtro Compacto, conforme indica a Figura 4.

Figura 4 - 3P Filtro Compacto da empresa alemã 3P Technik.



Fonte: 3P Technik (2020)

Nesse filtro, em (1) a água da chuva é levada ao cartucho do filtro, esse cartucho limpa a água e a envia ao tanque de armazenamento (2) e a sujeira é liberada (3).

Esses filtros podem ser aplicados de diferentes formas, a mais usual e demonstrada pela empresa é a instalação feita dentro de uma cisterna de concreto, que pode ser conferida na Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Exemplo de aplicação do filtro 3P Filtro Compacto em uma cisterna de concreto.



Fonte: Technik (2020)

No âmbito nacional, foi a empresa AcquaBrasilis que trouxe para o mercado brasileiro soluções para o manejo das águas pluviais. Trabalhando basicamente com sistemas de retenção de sólidos por vórtice, conhecidos por separadores de sólidos (ACQUABRASILIS, 2020).

3.6 USO DA ÁGUA PLUVIAL POR CONSTRUTORAS NACIONAIS

Algumas construtoras no âmbito nacional já utilizam de formas alternativas, como reutilização da água pluvial, para as finalidades anteriormente citadas. De acordo com Pio (2017), a construtora MRV, no ano de 2016, economizou mais de 73 milhões de litros de água com a reutilização, o equivalente ao volume de 29 piscinas olímpicas. O reuso de água nos canteiros ainda representou economia de R\$ 268 mil para a companhia.

A COBEC Construtora (2015), aponta alguns sistemas e produtos que visam diminuir o consumo de água potável tratada por construtoras, entre eles consta o sistema de águas pluviais, onde a água é coletada e direcionada a reservatórios, passando por filtros que separam os resíduos grosseiros e sedimentos que se arrastam ao longo de calhas e condutores.

O ramo da indústria da construção civil ainda tem muito a crescer no quesito sustentabilidade. Quando se trata de água da chuva, estamos falando de um recurso abundante, mesmo que sazonal. As empresas citadas estão no caminho que é necessário trilhar, visando o reaproveitamento e a racionalização de água tratada potável.

4 NORMAS TÉCNICAS REFERENTES A ÁGUA NO SETOR CONSTRUTIVO

Algumas normas técnicas dão exigências quanto à uma análise físico-química da água para utilização no canteiro de obras, principalmente no que diz respeito à produção de concreto, seja para amansamento ou para a cura. Nesse capítulo tratará duas normas essenciais para o prosseguimento da nossa análise de reuso da água pluvial na construção civil, são elas: NM 137:97³ – “Água para amansamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland”, e a NBR 15900-1: “Água para amassamento do concreto”.

4.1 NORMA MERCOSUL NM 137:97

Para entender se a água da chuva é utilizável ou não no canteiro de obras para fins como amansamento e cura do concreto, deve-se pontuar algumas exigências da norma NM 137:97 – “Água para amansamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland” (NM 137, COMITÊ MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO, 1998).

A NM 137:97 apresenta a Tabela 1 a seguir, que determina as características físicas para a água utilizada no amansamento e cura do concreto de cimento portland, como a quantidade de sólidos totais, e as características químicas, como potencial de hidrogênio (pH) e quantidade de Ferro (Fe).

Tabela 1 - Requisitos químicos para a água segundo NM137:97

Requisitos	Limites	
	Mínimo	Máximo
Sólidos totais	-	5000 mg/L
Potencial de hidrogênio ¹ (pH)	5,5	9,0
Ferro ² (expresso como Fe)	-	1 mg/L

¹ Os valores do pH são adimensionais.

² Somente se aplica quando houver restrições estéticas relativas ao possível manchamento do concreto.

Fonte: Comitê Mercosul de Normalização (1998).

³ A Decisão CMC n° 22/04, de 7 de julho de 2004, sobre "vigência e aplicação das normas emanadas dos órgãos com capacidade decisória do MERCOSUL", lembra que os Estados Partes comprometeram-se, pelo Protocolo de Ouro Preto, a adotar todas as medidas necessárias para assegurar, em seus respectivos territórios, o cumprimento das normas emanadas dos órgãos do MERCOSUL.

Como pode-se notar na Tabela 1, são três os requisitos para a utilização da água para cura e amansamento de argamassas e concreto de cimento Portland. O primeiro deles trata da quantidade de sólidos totais, que pode chegar ao máximo 5000 g/cm³. Em seguida tem-se o potencial de hidrogênio (pH), que tem de estar entre o intervalo de no mínimo 5,5 e no máximo a 9,0. Por fim tem-se a quantidade máxima de ferro (Fe) que pode chegar ao máximo de 1, e conforme a tabela só é relevante quando houver restrições estéticas relativas ao possível manchamento do concreto (NM 137, COMITÊ MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO, 1997).

4.2 NBR 15900-1

A NBR 15900-1: “Água para amassamento do concreto” também pontua algumas exigências quanto a água a ser utilizada no processo de amansamento do concreto, definindo se a amostra é ou não considerada utilizável. Um desses pontos é a quantidade de cloreto presente na água, definido nos intervalos da Tabela 2 a seguir (ABNT, 2009):

Tabela 2 - Teor máximo de cloreto em água para amassamento segundo NBR 15900-1

Uso Final	Teor Máximo de Cloreto mg/L
Concreto protendido ou graute	500
Concreto armado	1000
Concreto simples (sem armadura)	4500

Fonte: ABNT (2009)

Nota-se na Tabela 2 que o teor máximo de cloreto presente na água pode variar de acordo com o tipo de uso final do concreto, entre eles: concreto protendido ou graute, concreto armado ou concreto simples (sem armadura). O procedimento de ensaio para definição desses valores está de acordo com a NBR 15900-6. (ANBT, 2009)

Também de acordo com a ABNT, a NBR 15900-1 exige que o potencial de hidrogênio (pH) da água utilizada para o amansamento do concreto seja maior ou igual a 5,0, ou seja, valor um pouco ainda menor do que a exigência da NM 137:97.

5 COLETA, MANUSEIO E PREPARO DE AMOSTRAS.

Neste capítulo tratará de como foi realizada a coleta, manuseio e o preparo de amostras. O sistema de coleta de água de chuva pode ser simples ou complexo, a instalação pode conter diferentes tipos de equipamentos. Sistema simples depende basicamente de três elementos: precipitação, calhas horizontais e verticais e do reservatório de armazenamento. O sistema complexo e adequado para grandes empresas porque precisam de ajuda de investimentos maiores e interligados para armazenar grandes volumes de água (WATERFALL, 2002).

Independentemente do tipo de sistema a serem adotadas, as condições ambientais, locais, climatológicas, fatores econômicos devem ser analisados, a fim de possibilitar o sistema. A Coleta foi realizada na residência situada no endereço: Rua Augusto Xavier de Almeida Quadra 14, Lote 10, Bairro São José, na região central da cidade de Anápolis.

5.1 CAPTAÇÃO DA AMOSTRA DE ÁGUA PLUVIAL

A captação da água da chuva, que foi captada e armazenada na data de 29 de setembro de 2020, e analisada no dia posterior pelo laboratório, foi através do telhado de uma área externa da residência, composto por telhas de concreto, onde foram utilizados condutores horizontais e verticais, conduzindo a água até o reservatório, conforme as Figuras 6 e 7, a seguir:

Figura 6 - Telhado onde foi feita coleta da amostra de água pluvial



Fonte: Próprios autores (2020)

Figura 7 - Reservatório da residência onde a amostra foi coletada



Fonte: Próprios autores (2020)

Pode-se apoiar, elevar ou enterrar o reservatório, assim como existem várias diversidades de materiais de fabricação, sendo eles: plástico, poliéster, PVC, concreto, alvenaria comum e reforçada. No entanto, são necessários manutenção e cuidados, que devem ser mantidos na água a ser armazenada. O Manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), cita algumas características a ser respeitadas pelos reservatórios, entre eles;

- Evitar a entrada luz do sol;
- Manter a tampa fechada;
- Colocar tela ou grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- Realizar limpeza;

Existem vários métodos de dimensionamento de reservatórios disponíveis em literaturas e normas, incluindo a NBR 15527/2007. As análises devem seguir com normas de acordo com cada região (ABNT, 2007).

5.2 COLETA DA AMOSTRA DE ÁGUA TRATADA

Na mesma data foi coletada a água tratada, retirada de uma torneira residencial, situada no mesmo endereço citado, na região central, na cidade de Anápolis, GO, onde o tratamento é realizado pela empresa SANEAGO. As amostras foram armazenadas em garrafas plásticas, transparente, com a medida de 1 litro em cada garrafa, preservadas e seguindo todas as recomendações do químico Antônio Edilberto, do laboratório Total Quality, da mesma cidade, em seguida devidamente encaminhada para análise.

5.3 DIFERENTES TIPOS DE REUSO NA EMPRESA FORT BETON

Foi realizada na data de 05 de novembro de 2020, uma visita na empresa Fort Beton, localizada na Rodovia BR 153, Nº 4.691 – Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis – GO. Onde fomos recebidos pelo Engenheiro Civil e Representante Comercial Rodrigo Teixeira, o qual é responsável pela usina de concretagem.

Nessa visita técnica observou-se que o volume de água é exorbitante, como no processo de fabricação do concreto, conforme mostra a Figura 8, a seguir:

Figura 8 – Processo de produção do concreto

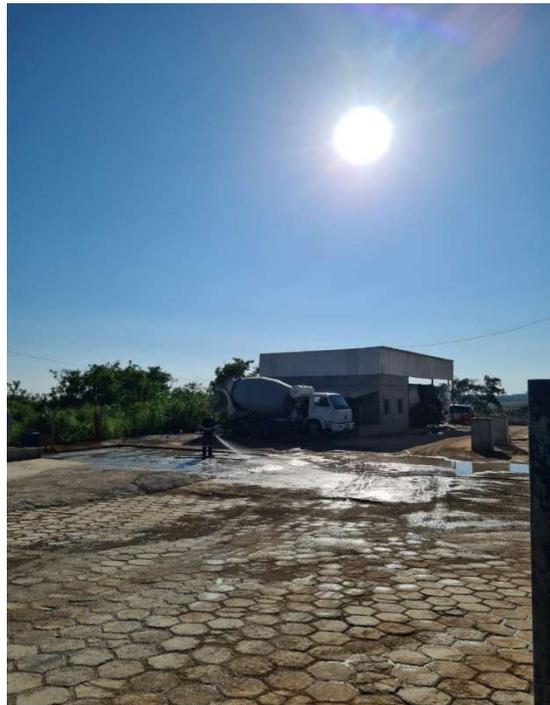


Fonte: Próprios autores (2020)

E utilizada na limpeza das máquinas e caminhões, observando na Figura 9 a seguir, regando a todo instante o solo para amenizar a poeira erguida no processo da concretagem e na circulação dos caminhões.

Cerca de 80% do manuseio da água utilizada na usina é fornecida pelo tratamento de água potável da rede pública, restando 20% de aproveitamento de água.

Figura 9 - Processo de limpeza dos caminhões



Fonte: Próprios autores (2020)

Foram projetados pelo Engenheiro Civil Rodrigo Teixeira dois tanques e futuramente serão construídos mais tanques com a finalidade de filtrar todo excesso de residual dos caminhões betoneira para o reuso da água, pois assim que o caminhão chega de uma concretagem ele passa por uma limpeza interna e essa água é depositada nesse tanque e a partir desse processo se inicia a filtração. Na figura 10 está destacado o tanque que recebe a água utilizada na limpeza das betoneiras, enquanto o reservatório da Figura 11 mostra água já no processo concluído.

Figura 10 - Tanque de captação de água após lavagem de caminhões betoneira



Fonte: Próprios autores (2020)

Figura 11 - Tanque de armazenamento de água após filtragem



Fonte: Próprios autores (2020)

Nesse projeto executado, foi analisada uma redução empresa em relação ao custo financeiro da empresa, que antes era em torno de R\$ 15.000,00 para um recuo de R\$ 10.000,00 no orçamento geral em relação à água. Com esse resultado significativo haverá a implementação de outros tanques. Valendo-se de que esses reservatórios fazem todo tipo coleta da água inclusive da água pluvial.

O Engenheiro Civil Rodrigo Teixeira relatou que para a produção de concreto são utilizadas diferentes qualidades de água e que não são realizados testes conforme os requisitos das normas brasileiras. Pode-se observar com essa visita técnica que cada vez mais as empresas estão adotando o sistema de reuso e investindo para que o retorno financeiro aconteça, assim como a sustentabilidade.

6 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS COLETADAS

Neste capítulo é feita uma análise detalhada de componentes físicos e químicos da água pluvial que foi coletada, fazendo um comparativo entre a mesma e a água tratada, que também foi analisada, conforme ensaios realizados pelo químico Antônio Edilberto, no laboratório Total Quality, na cidade de Anápolis, GO. Conforme os documentos referentes aos ensaios, foi utilizada a Metodologia: “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, e conforme lei federal, os parâmetros analisados estão obedecendo às exigências da Portaria Consolidação N°5 em ambos os ensaios (QUALITY, 2020).

6.1 ANÁLISE DA ÁGUA TRATADA

Conforme o Relatório de Ensaio 8216-1A realizados pelo laboratório Total Quality (QUALITY, 2020), obtém-se os dados referentes à água tratada, retirada de uma torneira residencial na cidade de Anápolis, GO, onde o tratamento é realizado pela empresa SANEAGO. A Tabela 3 a seguir mostra os dados referentes à análise físico-química da água tratada.

Tabela 3 - Análise físico-química da água tratada.

PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE
Potencial de Hidrogênio (pH)	7,1	-
Cor aparente	12	uH
Condutividade	31	µS/cm
Cloro residual	0,2	mg/L
Cloretos	25	mg/L
Turbidez	1,8	NTU
Dureza total	79	mg/L CaCO ₃
Nitrogênio Amoniacal	Ausente	mg/L
Ferro total	0,2	mg/L Fe
Alcalinidade Total	30	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade HCO ₃	12	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade CO ₃	18	mg/L CaCO ₃
Oxigênio consumido	0	mg/L O ₂
Odor	Não Obj.	Não Obj.
Sólidos totais dissolvidos	114	mg/L O ₂

Fonte: Total Quality (2020)

Com os dados obtidos pode-se fazer um comparativo entre as exigências da norma NM 137:97 e a água tratada, que mostra que todos os parâmetros definidos pela norma citada são atendidos, conforme o esperado, visto que é a água usual no canteiro de obras conforme padrão. O potencial de hidrogênio (pH) de 7,1 está dentro do intervalo delimitado, de 5,5 a 9,0. O Ferro (Fe) também atende à norma, com 0,2 mg/L Fe, já que o máximo é de 1,0. E por fim os sólidos totais dissolvidos, que são 114 mg/L O₂ na amostra, ficam abaixo dos 5000.10⁻⁶ g/cm³ conforme a norma exige.

E de acordo com a NBR 15900-1, também tem-se os critérios de análise atendidos, que são a quantidade de cloretos, de 25 mg/L na amostra, atendendo a todos os três tipos de concreto que podem ser utilizados no canteiro de obras, e o potencial de hidrogênio (pH) de 7,1 na amostra, acima do valor delimitado de 5,0 na norma.

6.2 ANÁLISE DA ÁGUA PLUVIAL

Conforme o Relatório de ensaio 3615-A, também realizado pela Total Quality, obteve-se os dados referentes à água da chuva, coletada na data de 30 de setembro de 2020, no bairro Sao Jose, na cidade de Anápolis, GO (QUALITY, 2020).

A Tabela 4 a seguir mostra os dados referentes à análise físico-química da água pluvial coletada na data citada.

Tabela 4 - Análise físico-química da água pluvial coletada.

PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE
Potencial de Hidrogênio (pH)	6,2	-
Cor aparente	9,8	uH
Condutividade	45	µS/cm
Cloro residual	0	mg/L
Cloretos	10	mg/L
Turbidez	5,6	NTU
Dureza total	71	mg/L CaCO ₃
Nitrogênio Amoniacal	Ausente	mg/L
Ferro total	0,1	mg/L Fe
Alcalinidade Total	32	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade HCO ₃	10	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade CO ₃	22	mg/L CaCO ₃
Oxigênio consumido	0	mg O ₂ /L
Odor	Obj.	Não Obj.
Sólidos totais dissolvidos	136	mg/L O ₂

Fonte: Total Quality (2020)

Pode-se notar que a água pluvial, conforme os parâmetros da NM 137:97, atende os requisitos para ser utilizada no amansamento e na cura do concreto de cimento Portland. O potencial de hidrogênio (pH) de 6,2 na amostra está dentro do intervalo de 5,5 a 9,0 da norma. O Ferro (Fe) com 0,1 mg/L Fe na amostra, também atende o intervalo de até 1,0 da norma. E por fim a quantidade de sólidos totais, de 136 mg/L O₂ da amostra, também atende o intervalo de até 5000 x 10⁻⁶ g/cm³ da norma citada.

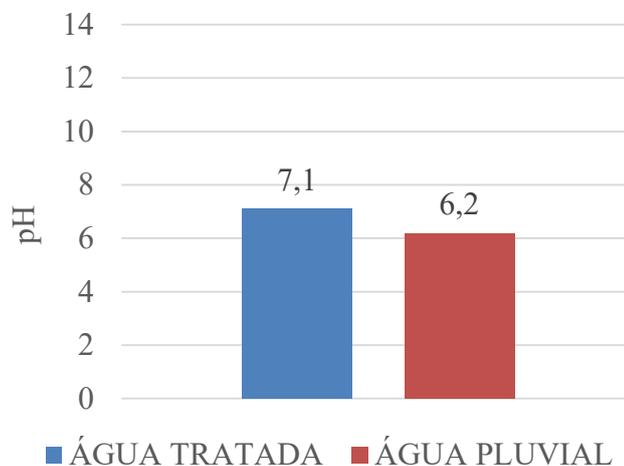
E também de acordo com a NBR 15900-1 tem-se os dois pontuados da norma atendidos, que são a quantidade de cloretos de 10 mg/L na amostra, atendendo aos três tipos de concreto que podem ser utilizados, e o potencial de hidrogênio (pH) de 6,2 na amostra, acima do valor delimitado pela norma de 5,0.

6.3 COMPARATIVO ENTRE ÁGUAS COLETADAS

O objetivo é fazer a análise comparativa entre a água da chuva coletada e a água tratada, usualmente utilizada no canteiro de obras, trata-se neste trabalho alguns aspectos a serem pontuados a respeito dos valores referentes aos dados das duas amostras coletadas e analisadas.

Primeiramente pode-se notar que o oxigênio consumido em ambas as amostras é nulo, ou seja, não foi consumido nenhuma concentração de O₂ nas amostras. Referente ao pH de ambas as amostras, como nota-se na análise de acordo com as normas, observa-se que elas atendem às exigências pontuadas. Quando comparadas entre si, pode-se fazer a comparação do potencial de hidrogênio a partir do gráfico da Figura 12, a seguir:

Figura 6 - Gráfico do Potencial de Hidrogênio das amostras

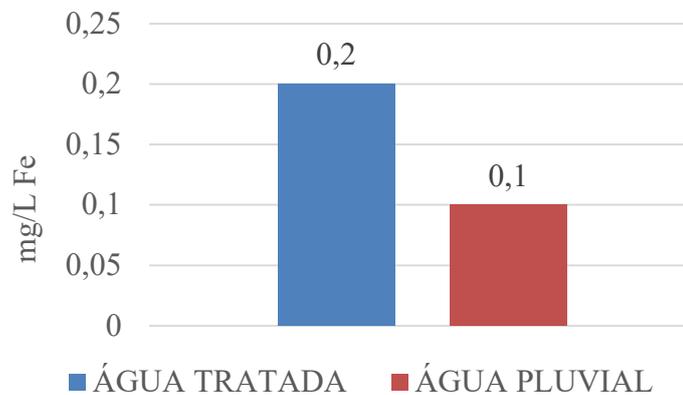


Fonte: Próprios autores (2020)

De acordo com Van Raij et al. (2001) o pH da água pura deve ser 7,00 (ponto de neutralidade), e ainda afirma que a maior parte das leituras de pH em laboratório situa-se na faixa de 0 a 14, em que as soluções com $[H^+] > 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ ($\text{pH} < 7,00$) são ácidas e com $[H^+] < 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ ($\text{pH} > 7,00$) são básicas (ou alcalinas). Dessa forma, pode-se concluir que a água tratada e retirada da torneira, com pH de 7,1, está praticamente neutra, enquanto a água da chuva coletada, com pH de 6,2 está levemente ácida.

Ao analisar a quantidade de Ferro total presente nas amostras, mesmo apresentando valores baixos, nota-se que a quantidade cai pela metade na água da chuva, essa diferença de valores pode ser notada pelo gráfico da Figura 13, a seguir:

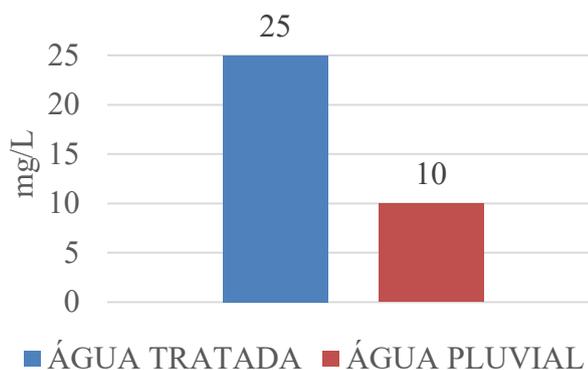
Figura 7 - Gráfico da quantidade de Ferro Total presente nas amostras



Fonte: Próprios autores (2020)

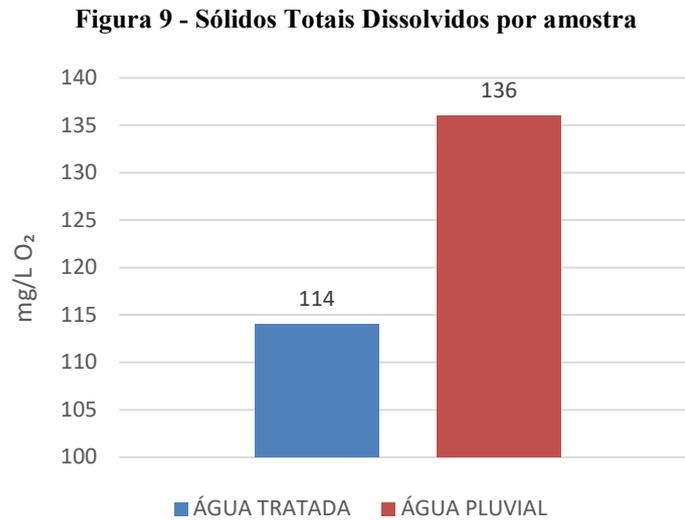
Uma situação semelhante acontece com os cloretos, que na água tratada tem uma concentração de 25mg/L, enquanto na água da chuva cai mais da metade, para 10mg/L, conforme o gráfico da Figura 14, a seguir:

Figura 8 - Concentração de Cloretos nas amostras



Fonte: Próprios autores (2020)

E diferente das análises quanto ao Ferro e aos Cloretos, a quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos comparada entre as amostras, é maior quando analisada na água da chuva, sendo 114 mg/L O₂ na água tratada, e 136 mg/L O₂ na água da chuva, conforme apresenta a Figura 15, a seguir:



Fonte: Próprios autores (2020)

Podendo então, dessa forma, confirmar que a captação adotada, sem conhecimento prévio fornecido por normas, interfere na “sujeira” da água pluvial, visto que, conforme as Tabelas 2 e 3 podem confirmar, a cor da água pluvial é mais escura, além dos Sólidos Totais Dissolvidos terem maior concentração na água da chuva, conforme anteriormente foi apresentado na Figura 15.

7 CONCLUSÃO

Durante esse trabalho procurou-se associar diferentes tipos de reuso da água da chuva dentro dos segmentos da Engenharia Civil. Foi necessário aprofundar os estudos quanto à análise hídrica no Brasil, principalmente a pluvial, além de diferentes tipos de captação e de armazenamento. Mostrou-se, ainda, que inúmeras são as formas de utilização da água pluvial na construção civil, de modo geral, sendo em lavagem e limpeza, resfriamento, cura e amansamento do concreto.

Os resultados dos dados obtidos com as amostras de água coletadas, tanto a tratada quanto a da chuva, chegaram a valores próximos. Como foi visto, o valor do pH por exemplo sofre pequena alteração, mostrando que a água da chuva é levemente mais ácida, enquanto os Sólidos Totais Dissolvidos nos mostram que essa água possui mais materiais sólidos na amostra. Apesar de existirem várias normas referentes à água na construção civil, ainda são necessários estudos mais aprofundados quanto à sua utilização na produção de concreto, devido às exigências das normas.

Na entrevista realizada na visita a empresa de produção de concreto Fort Beton, situada em Anápolis (GO), onde o Engenheiro Civil e Representante Comercial da empresa, Rodrigo Teixeira, relatou que para a produção de concreto da empresa são utilizados diferentes tipos de reaproveitamento, inclusive de água pluvial, e não são utilizados testes conforme as exigências das normas brasileiras. Além disso, tomando como base a mesma visita, pontua-se que uma melhora quanto à captação e armazenamento da água pluvial pode melhorar nas diferentes empresas do ramo da engenharia, tomando como base esse mesmo trabalho, gerando assim maior sustentabilidade com a economia de água tratada.

Conforme foi relatado por Rodrigo Teixeira, os gastos com a utilização de água da empresa caíram significativamente, de R\$15.000,00 mensais, para R\$10.000,00 mensais, após a implantação de tanques para reutilização de água. Tanques estes que não são usados somente para captação de água da chuva, mas também para águas residuais de caminhões betoneiras e de lavagem de caminhões.

Sendo assim, pode-se inferir que, com a adaptação correta de reservatórios e adequada captação da água pluvial, esses valores podem diminuir ainda mais, gerando também uma economia monetária para a empresa.

Por fim, pode-se comparar as amostras coletadas durante a realização do trabalho, da água tratada e da água da chuva. Notamos que as diferenças dos valores de elementos físico-químicos não chegam a ser agressivas quando comparados entre as amostras, mesmo que a

água da chuva seja nitidamente mais ácida, enquanto a água tratada é praticamente neutra. Já comparadas individualmente com as normas, ambas as amostras atendem a certos requisitos exigidos que foram pontuados.

REFERÊNCIAS

- ABCMAC. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas – procedimento: NBR8681**. 2004
- ACQUABRASILIS. **APROVEITAMENTO E GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**. Disponível em: <https://acquabrasilis.com.br/servicos/aguas-pluviais/>. Acesso em: 3 jun. 2020.
- ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (spr), 2016. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>. Acesso em: 30 maio 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://freitag.com.br/files/uploads/2018/01/portaria_norma_473.pdf. Acesso em: 3 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2009. 11 p. Disponível em: https://freitag.com.br/files/uploads/2018/01/portaria_norma_473.pdf. Acesso em: 03 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. 1996. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-05626-1998-instalac3a7c3a3o-predial-de-c3a1gua-fria.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2009. 11 p. Disponível em: https://freitag.com.br/files/uploads/2018/01/portaria_norma_473.pdf. Acesso em: 03 nov. 2020.
- BARROS, Luciano Cordoval de; RIBEIRO, Paulo Eduardo de Aquino. **BARRAGINHAS: água de chuva para todos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/256599/1/ABCBarraginhasaguadechuvaparatosed012009.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2020.
- CARLON, Márcia Regina. **Percepção dos Atores Sociais Quanto as Alternativas de Implantação de Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva em Joinville-SC**. Mai. 2005.
- CBCS. (2014). Carta Aberta 201 (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável). Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/sbcs10/website/userFiles/carta_aberta.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2020.
- COBEC. **A CONSTRUÇÃO CIVIL E A FALTA DE ÁGUA**. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://cobec.com.br/a-construcao-civil-e-a-falta-de-agua/>. Acesso em: 3 jun. 2020.

COCCO, Giangiulio Pietro Reis et al. **Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar**. *Percurso Acadêmico*, v. 7, n. 13, p. 42-73, 2017.

COMITÊ MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 137:97: Água para amansamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland**. 1 ed. Brasil: ABNT, 1998. 15 p.

PEDROSO, Fábio Luís. **CONCRETO: MATERIAL CONSTRUTIVO MAIS CONSUMIDO NO MUNDO**. São Paulo: Iphis Gráfica e Editora, 2009. Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf. Acesso em: 30 maio 2020.

DA SILVA, Robson Rodrigo; VIOLIN, Ronan Takeda; DOS SANTOS, Gisele Cristina. **Gestão da água em canteiros de obras de construção civil**. VIII Encontro Internacional de Produção Científica, 2013.

LEITE, Fábio. **EM UM ANO, CANTAREIRA CAIU QUASE PELA METADE**. São Paulo, 30 dez. 2014. Disponível em: <https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,em-um-ano-cantareira-caiu-quase-pela-metade,1613785>. Acesso em: 30 maio 2020.

HORVATH, A. (2004). *Construction Materials and the environment*.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico*.

MAY, S. **Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004

MINISTERIO DO TRABALHO. **NR 18: Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília: MTE, 1978. Disponível em: <https://www.normaslegais.com.br/legislacao/trabalhista/nr/nr18.htm>. Acesso em: 01 jun. 2020.

MOREIRA, Amacin Rodrigues. **APOSTILA DE TECNOLOGIA DO CONCRETO**. Curitiba: Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2004. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2013/04/Concreto-02.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2020.

NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**, 1989.

NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. 2007.

NETO, Antônio Filho; **Água como Material de Construção**. Cuiabá, 2005. Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=43&Cod=625>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. Bookman Editora, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cqY5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=tecnologia+do+concreto&ots=RWwEwEtrPY&sig=esa1bj2nuwAwLXJY->

OwoZBgioYU#v=onepage&q=tecnologia%20do%20concreto&f=false. Acesso em: 01 jun. 2020.

PEREIRA, Leidiane Cândido. **USO E CONSERVAÇÃO DE NASCENTES EM ASSENTAMENTOS RURAIS**. 2012. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10645/1/dissertacao-leidiane-candido.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2020.

PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 218 p.

PIO, Augusto. **Construtora implanta sistemas para reaproveitamento e coleta de água**: Jornal Estado de Minas, 2017. Disponível em: https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2017/03/27/interna_noticias,49677/construtora-implanta-sistemas-para-reaproveitamento-e-coleta-de-agua.shtml. Acesso em: 02 jun. 2020.

QUALITY, Total. **ENSAIO 3615-A**: análise físico-química da água tratada. Anápolis: Antônio Edilberto Evangelista Junior, 2020.

QUALITY, Total. **ENSAIO 8216-1A**: análise físico-química da água tratada. Anápolis: Antônio Edilberto Evangelista Junior, 2020.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo argamassa**. Edipucrs, 2007.

SANTOS, Altair. **Água da chuva para produzir concreto. É possível?** 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/agua-da-chuva-para-produzir-concreto/>. Acesso em: 3 jun. 2020.

SÃO PAULO (Estado). **Lei Nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007**: Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. SÃO PAULO, Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acesso em: 2 jun. 2020.

SILVA, Amado Gabriel; **Dicas para o orçamentista – Estimativa de consumo de água**. Disponível em <http://www.engwhere.com.br/engenharia/dicas_orcamentista.htm>. Acesso em: 01 jun. 2020.

TECHNIK, 3p. **3P TECHNIK FILTERSYSTEME GmbH**. 2020. Disponível em: <https://www.3ptechnik.de/>. Acesso em: 02 jun. 2020.

TOPMIX. **CURA DO CONCRETO**. Disponível em: <http://topmix.com.br/blog/cura-do-concreto/>. Acesso em: 3 jun. 2020.

VAN RAIJ, Bernardo et al. **ANÁLISE QUÍMICA PARA AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DE SOLOS TROPICAIS**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p. Disponível em: http://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf#page=190. Acesso em: 04 nov. 2020.