



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS - CMPF
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BRUNA RODRIGUES DE LIMA

VAZÃO DE PROJETO PARA INSTALAÇÕES DE AGUAS PLUVIAIS NA UFERSA
PAU DOS FERROS/RN

PAU DOS FERROS/RN

2017

BRUNA RODRIGUES DE LIMA

VAZÃO DE PROJETO PARA INSTALAÇÕES DE AGUAS PLUVIAIS NA UFERSA
PAU DOS FERROS/RN

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr Wesley de
Oliveira Santos

PAU DOS FERROS

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732v Lima, Bruna Rodrigues de.
Vazões de Projeto para instalações de águas
pluviais na UFERSA Pau dos Ferros/RN / Bruna
Rodrigues de Lima. - 2017.
36 f. : il.

Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2017.

1. Intensidades Máximas. 2. Drenagem . 3.
Dimensionamento de Calhas. I. de Oliveira
Santos, Wesley, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

BRUNA RODRIGUES DE LIMA

VAZÕES DE PROJETO PARA INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS NA UFERSA
PAU DOS FERROS/RN

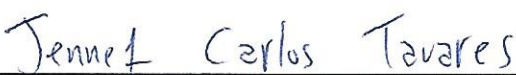
Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 23 / 10 / 2017

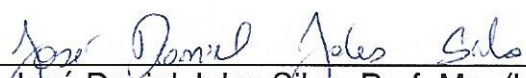
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos (UFERSA)
Presidente



Prof. Jennef Carlos Tavares. Bel Eng. Civil (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. José Daniel Jales Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

A minha mãe, Antônia Cassia Alves de
Lima, meu alicerce e minha razão maior
para continuar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu o dom da vida, e sempre me sustentou, me dando força, sabedoria e me permitindo usufruir das suas bênçãos, como a conclusão deste trabalho.

A toda minha família, que sempre acreditaram no meu potencial, e me motivaram com palavras e atitudes. Em especial a minha mãe, Antônia Cassia Alves de Lima, meu maior exemplo de pessoa, que nunca hesitou em coisa alguma para que eu continuasse na vida acadêmica apesar de todas dificuldades impostas pela vida.

A toda comunidade acadêmica do Centro multidisciplinar de Pau dos ferros/RN. Aos meus mestres, aos funcionários, e meus colegas de classe. E em especial ao meu Orientador, Wesley Santos, peça chave para o desenvolvimento deste trabalho, por toda paciência e disposição para me ajudar.

Aos meus amigos, que fiz na comunidade acadêmica, sei que sem eles eu não teria chegado até aqui. Em especial a minha grande amiga e hoje irmã Tairine de Sousa Brilhante, por nunca me deixar desistir.

A todos amigos que já faziam parte da minha vida, por me mostrar que ninguém é feliz sozinho, na pessoa de Michael Douglas Alves Aires, exemplo vivo da palavra amigo.

E a todos que torcem e contribuem com as minhas conquistas, muito obrigada, e que Deus ilumine a cada um.

“Mesmo que eu possua o dom de profecia e conheça todos os mistérios e toda a ciência, e ainda tenha uma fé capaz de mover montanhas, se não tiver amor, nada serei.”

(1 Co 13, 2)

RESUMO

No ciclo da água, a fase mais importante para o adequado desenvolvimento da sociedade é a precipitação, pois é a partir dela que os reservatórios são abastecidos, e é de suma importância para todos os setores econômicos, ressaltando a ligação direta com a agropecuária. Porém, a precipitação torna-se um problema quando o curso da água pluvial não é respeitado, ou é ignorado, chegando a causar danos irreparáveis as cidades. Posto isto, este trabalho tem como objetivo determinar as vazões de projetos a fim de realizar um dimensionamento de calhas para a cidade de Pau Ferros/RN. Foi utilizado a equação IDF (Intensidade Duração e Frequência) para a cidade de Pau dos Ferros/RN, e foi empregado as áreas das coberturas prediais da UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN, para calcular a vazão de projeto em m^3/s e L/min, com período de retorno e 1, 5 e 25 anos, e por fim dimensionar calhas para a o devido escoamento da água pluvial e segurança das edificações, conforme as especificações da NBR 10844/1989 da ABNT, que trata de instalações prediais de águas pluviais. Os resultados mostram que as vazões têm uma média maior para 25 anos de retorno, e também que os diâmetros das calhas estão entre 258,62 mm e 458,68mm que correspondem aos dimensionamentos para os prédios do almoxarifado e biblioteca respectivamente.

Palavras chaves: Intensidade Pluviométrica. Drenagem. Dimensionamento de Calhas

ABSTRACT

In the water cycle, the most important stage for the suitable development society is the precipitation as it is from her that the tanks are supplied, and is of paramount importance to all economic sectors, emphasizing the direct link with agriculture. However, precipitation becomes a problem when the course of rainwater is not respected, or is ignored, causing irreparable damage to the cities. That said, this work aims to determine the flow of projects in order to perform a scaling of Rails to the city of Pau irons/RN. We used the equation IDF to the city of Pau dos Ferros/RN, and employed the building covers areas of multidisciplinary Center ATTENDED Pau dos Ferros/RN, to calculate the flow of project m^3/s and L/min, with payback period and 1 5 and 25 years, and finally a Rails size due rainwater seepage and safety of buildings, as the specifications of ABNT NBR 10844/1989, which deals with building stormwater facilities. . The results show us that the flows have an average higher for 25 years and that the diameters of the gutters are between 258.62 mm and 68 mm 458, which correspond to the back room and library respectively.

Key words: Rainfall Intensity. Project flows. Gutters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Precipitado total acumulado válido para 2016	16
Figura 2: Calhas do tipo beiral, de platibanda, e água furtada, respectivamente.	20
Figura 3 Calha e Rufo	20
Figura 4- Área de captação em telhados.....	24
Figura 5 - Área de contribuição - Laje.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Áreas dos Blocos da UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, 2016	25
Tabela 2: Coeficientes de rugosidade (Manning)	26
Tabela 3: Calhas semicirculares quase horizontais com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min), para $h=0,5D$	27
Tabela 4: Vazões máximas de projeto nos prédios da UFERSA no Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN, em L/min.	28
Tabela 5: Vazões máximas de projeto nos prédios da UFERSA no Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN, em L/min.	28
Tabela 6: Valores da estatística descritiva para a vazão nos Períodos de retornos de 1, 5 e 25 anos, em L/min.	29
Tabela 7: Dimensionamento do diâmetro das calhas para as vazões de projetos de prédios em Pau dos Ferros/RN.	31
Tabela 8: Dimensionamento do diâmetro das calhas para as vazões de projetos de prédios em Pau dos Ferros/RN.	31
Tabela 9: Dimensionamento do diâmetro das calhas para as vazões de projetos de prédios em Pau dos Ferros/RN.	32

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Agencia Brasileira de Normas Técnicas

EMPARN – Empresa de Pesquisa agropecuária do Rio grande do Norte

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade Duração e Frequência

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

NBR – Normas Brasileiras de Regulamentação

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVOS GERAIS	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 A OCORRÊNCIA DA ÁGUA PLUVIAL NO CICLO HIDROLÓGICO	15
3.2 PRECIPITAÇÃO E MEDIÇÕES	15
3.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	17
3.4 MICRO DRENAGEM E MACRO DRENAGEM	17
3.5 VAZÕES	18
3.6 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	18
3.7 PRINCIPAIS PARTES DAS INSTALAÇÕES	19
3.8 REUSO DE ÁGUA PLUVIAL	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	23
4.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	24
4.3 VAZÕES DE PROJETO	25
4.4 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS	26
4.5 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 VAZÕES DE PROJETO	28
5.1 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, traçam-se discursos sobre a relevância da água, visto que é um dos recursos naturais mais utilizados pelo homem. Além da sua importância, é também elencado sobre a sua forma de uso e a sua escassez, que vem se tornando um problema cada vez mais real.

Passamos por diversos transtornos devido à escassez da água no mundo todo, de acordo com o site “SciELO em Perspectivas Humanas” os especialistas em recursos hídricos apontam dois elementos importantes nesse processo: o crescimento da população, e o impacto das alterações climáticas.

A precipitação é a forma da água regressar a superfície, e a principal maneira de abastecimento das cidades, visto que é através das chuvas, que os reservatórios que fornecem águas ao consumo, são alimentados. Como essas mudanças climáticas estão intimamente ligadas com as chuvas, surge uma necessidade de novas formas de armazenamento e manejo de água.

De acordo com Tucci (2005), a natureza tem mostrado que a água que escoar nos rios (e depende das chuvas) é aleatória e varia muito entre o período úmido e o de estiagens, um dos primeiros impactos é o risco da escassez quantitativa de água.

Ainda segundo Tucci (2005), a história mostra que o homem sempre procurou controlar água para seu benefício por meio de obras hidráulicas. Essas obras procuram reduzir a escassez e o risco de falta de água pela regularização das vazões, aumentando a disponibilidade ao longo do tempo.

Em zonas urbanas, é importante que haja sistemas de escoamento e drenagem de águas pluviais afim de evitar alagamentos ou deslizamentos, e gere maior conforto aos moradores e menos gastos com manutenção das vias públicas.

Nas construções prediais, deve-se considerar a drenagem de águas pluviais, sendo imprescindível um sistema de instalação específico. Segundo Neto (2015), a instalação predial de água pluvial objetiva a coleta e o encaminhamento de chuvas que caem nas coberturas, terraços, pátios, quintais e outras áreas associadas ao edifício.

Uma vez coletada essa água pluvial, esta pode ser encaminhada para locais específicos de armazenamento para ser reaproveitada. Conforme Oliveira *et al.* (2007), nos sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável.

Para a adequada coleta da água da chuva, necessita-se de um dimensionamento de instalações prediais de águas pluviais. Para isso, deve ser determinado as vazões de projeto, com base nas precipitações máximas, podendo assim, dimensionar uma instalação de acordo com a intensidade pluviométrica para a própria cidade.

Esses prédios devem conter em seu projeto uma instalação predial para águas pluviais, visando economia, funcionalidade, segurança, durabilidade, higiene e conforto. Com base na determinação das vazões de projeto, utilizando os parâmetros da equação local.

Além disso, essa água poderá ser reutilizada nas residências, afim de diminuir o consumo na rede pública, sendo uma alternativa para o problema da escassez deste recurso.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

- Determinar as vazões de projeto para o dimensionamento das instalações de águas pluviais, para prédios da no Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular as intensidades máximas de precipitação, com base nos períodos de retorno e duração da precipitação, recomendados pela NBR 10844 para instalações de águas pluviais, em Pau dos Ferros/RN.
- Demonstrar por meio de memorial de cálculo, a determinação das vazões de projeto, utilizando dados das áreas de captação de chuva.
- Realizar a análise de estatística descritiva, utilizando os dados de vazão.
- Dimensionar calhas de acordo com as vazões de projeto locais

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A OCORRÊNCIA DA ÁGUA PLUVIAL NO CICLO HIDROLÓGICO

De acordo com Tundisi (2003), a água é parte integral do planeta Terra. É componente fundamental de dinâmica da natureza, impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal.

Segundo Marengo (2008) o planeta Terra tem dois terços de sua superfície ocupados por água – são aproximadamente 360 milhões de km² de um total de 510 milhões. Entretanto, 98% da água disponível no planeta é salgada.

Para Shiklomanov et al. (2000), o Brasil tem posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos. E apresenta 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos. (*Apud* MARENGO, 2018).

A água percorre todas as esferas do planeta através do seu ciclo hidrológico. Segundo Neto (2015) suas etapas são: precipitação, escoamento superficial, infiltração e evaporação, e cada uma constitui um campo de estudo cujo conjunto compõe o objeto da Hidrologia.

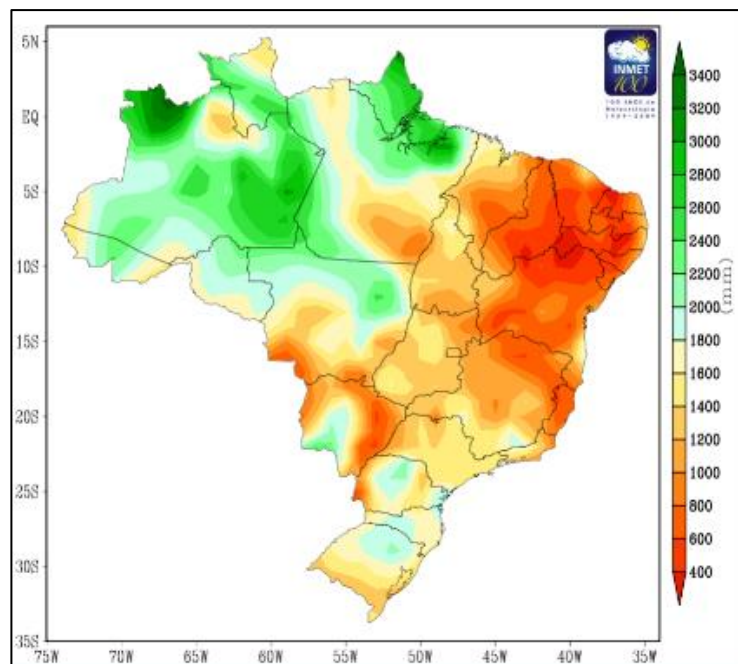
TUNDISI (2003) afirma que todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos, são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização.

3.2 PRECIPITAÇÃO E MEDIÇÕES

“A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. ” (DE CALBETE, 1996), visto que ela interfere de forma direta na economia do país, que tem como base a agropecuária.

A água chega a atmosfera sob a forma de vapor condensa-se e cai em forma de chuva, ou de granizo quando atravessa camadas com temperatura baixa, ou neve quando a condensação acontece em determinadas condições meteorológicas. Nas regiões de clima tropical, as precipitações mais importantes são as chuvas. (NETO, 2015, p. 468)

Figura 1: Precipitado total acumulado válido para 2016



FONTE: INMET 2016

Conforme a figura 1, a precipitação total acumulada para o ano de 2016 é irregular ao longo do país, principalmente na região Nordeste, além de outras regiões do Brasil, a precipitação ocorreu de forma crítica, ocasionando os níveis dos reservatórios também nesse estado.

O conhecimento dos totais precipitados constitui elemento importante na determinação das vazões superficiais e conseqüentemente suas disponibilidades para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos (PEREA MARTINS, 2003, apud KUCHLER, O. A. et al. 2010).

Segundo Kuchler *et al.* (2010) além de importante para a Defesa Civil, a compreensão do comportamento das precipitações pluviométricas tem grande proveito em áreas como a Meteorologia, Agronomia, Biologia, Construção Civil e etc.

Os dispositivos para a medição são denominados pluviômetros, simples receptáculos com superfície horizontal exposta de 500cm² instalados em suportes a 1,5m do solo (NETO, 2015). Esses dispositivos não necessitam de tecnologia de ponta, e é utilizado a muito anos, porém precisa ser verificado diariamente.

Os parâmetros utilizados para observação da precipitação, além da Altura pluviométrica são: Duração, intensidade, frequência e recorrência.

Visto essa importância, define-se duração como intervalo de tempo de observação de uma chuva. Já a intensidade é a relação altura/duração. A frequência

estima o número de vezes que uma dada chuva (intensidade e duração) ocorre ou é superada num tempo dado. Por fim a recorrência ou retorno é o inverso da frequência, é o tempo em que uma dada chuva pode ocorrer ou ser superada (NETO 2015).

O conhecimento das relações entre intensidade, duração e frequência dessas chuvas é de enorme importância para o projeto de obras de controle de erosão e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais, como galerias, bueiros, extravasores de barragens, vãos de pontes, etc. (VIEIRA et al, 1998, p. 1)

3.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Mananciais das águas urbanas são as fontes de água para abastecimento humano, animal e industrial. Podem ser superficiais e subterrâneas. Os mananciais superficiais são os rios próximos às comunidades. (TUCCI, 2005).

Do volume total de água precipitado sobre o solo, apenas uma parcela escoar sobre a superfície e sucessivamente constitui as enxurradas, os córregos, os ribeirões os rios, os lagos/o mar. O restante é interceptado pela cobertura vegetal e depressões do terreno, infiltra e evapora. (NETO, 2015, p. 469)

O objetivo prático do desenvolvimento do escoamento superficial pode ser assumido como sendo a necessidade de estimar vazões de projetos para obras de engenharia sejam galerias de águas pluviais, bueiros entre outros (NETO 2015).

3.4 MICRO DRENAGEM E MACRO DRENAGEM

A ocupação territorial urbana, sem o planejamento das infraestruturas necessárias da cidade, desencadeou o surgimento de problemas de drenagem por ocasião dos eventos hidrológicos de alta intensidade. (RIGHETTO et al, 2009)

Devido a esses problemas ocasionados pelo mal planejamento urbano, surge a necessidade de uma drenagem adequada para os cursos de águas, visto que estes, quando não tiverem um destino adequado, podem desencadear perdas inestimáveis para as cidades.

Os sistemas de drenagem urbana são classificados de acordo com suas dimensões, em sistemas de micro drenagem e sistemas de macrodrenagem ou drenagem principal.

O escoamento no fundo do vale é o que determina o chamado Sistema de Macrodrenagem. O sistema responsável pela captação da água pluvial e sua condução até o de macrodrenagem é Sistema de Micro drenagem. (NETO, 2009).

Neto (2015), explica que a micro drenagem é a parte do sistema que inicia nos limites terrenos e das edificações quando recebe as instalações prediais de coleta de águas pluviais, até os bueiros, sarjetas e vias públicas.

Já a Macrodrenagem é a parte da drenagem que cuida dos fundos de vale e a qual interessa mais a área total da bacia. (NETO 2015)

Ambas são importantes, e quando integradas garantem um pleno escoamento dos centros urbanos e funcionamento da cidade.

3.5 VAZÕES

As distribuições temporal e espacial da precipitação são as principais condições climatológicas dependendo das características climatológicas e físicas da bacia hidrográfica (TUCCI 2005).

As principais metodologias para determinação da vazão podem ser classificadas como: Empírico, Estatístico, Hidro meteorológico e Método racional.

O método Empírico tem regularidade limitada pois é um método no qual é feito através de experiências e observações locais de altura, intensidade, e suas fórmulas são funções onde a vazão é em função das características da área.

No método estatístico é feito um estudo de probabilidade de ocorrência, baseados nas vazões máximas observadas em cada ano. No Hidro meteorológico é feito uma avaliação máxima na precipitação provável em uma dada área.

3.6 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

A água pluvial quando coletada em instalações prediais, deve seguir recomendações segundo a NBR 10844/1989 ABNT e tem como objetivo: “Fixar exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.”

A Instalação predial de água pluvial objetiva a coleta e o encaminhamento das águas de chuvas que caem nas coberturas, terraços, pátios, quintais e outras áreas associadas ao edifício (...). As águas coletadas devem ser encaminhadas ao sistema público de drenagem urbana através de descarga

direta na via pública, atendendo às prescrições legais vigentes. (NETO, 2015 pg. 591)

Segundo Creder (1995, *apud* GHISI; GUGEL, 2005) os códigos de obras dos municípios, em geral, proíbem o caimento livre da água dos telhados de prédios de mais de um pavimento, bem como o caimento em terrenos vizinhos.

Para Ghisi e Gugel (2005) tal água deve ser conduzida aos condutores de águas pluviais, ligados a caixas de areia no térreo; daí, podendo ser lançada aos coletores públicos de águas pluviais.

Segundo Silveira (2008) dependendo da utilização a ser dada à água, não é interessante que sua coleta se dê imediatamente após o início da chuva, devido a tudo aquilo que está contido nas calhas, que podem conter objetos contaminados no qual traga malefícios a água.

De acordo com CAMPOS (2004) a área de captação é aquela onde ocorre toda a coleta da água pluvial utilizada. É um ponto crítico para o dimensionamento correto do sistema, pois, a partir dele é que será determinada a quantidade de água possível de ser captada e utilizada.

A área de captação também é crítica para a contaminação, pois estas áreas estão usualmente expostas a poluentes que poderão prejudicar a qualidade da água coletada (CAMPOS, 2004).

3.7 PRINCIPAIS PARTES DAS INSTALAÇÕES

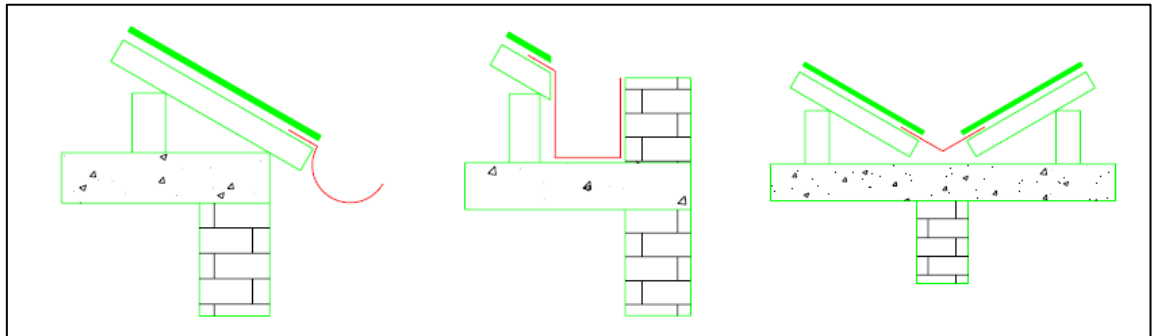
Essas instalações são consideradas de forma simples com poucos elementos, baixo custo e sem uso de tecnologia avançada, com o único objetivo de conduzir a água pluvial até a via pública. Segundo Neto (2015) são divididos em: Superfície Coletora, Calhas, Rufos, Saídas, Ralos, Condutores e Cumeeiras.

Segundo a NBR 10844/1989, superfície coletora é todo aquele local que recebe diretamente a água da chuva, como telhados, lajes, terraços e similares. Os rufos são elementos embutidos na argamassa de parede ou platibandas para conduzir a água às calhas, evitando infiltrações.

Ainda para a NBR 10844/1989 as calhas são os canais que recolhem a água das superfícies coletoras e a conduz a um ponto de destino.

As calhas apresentam geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular (GURGEL e GHISI, 2005), conforme a Figura 2:

Figura 2: Calhas do tipo beiral, de platibanda, e água furtada, respectivamente.



FONTE: GURGEL e GHISI, 2005

Já a Figura 3 mostra a diferença entre calha e rufos, ambas têm a finalidade de levar a água das coberturas, porém o rufo tem a característica de estar ligado a parede afim de impedir a infiltração.

Figura 3 Calha e Rufo



FONTE: <https://www.guiamais.com.br/santo-andre-sp/servicos-especializados>

Ainda de acordo com NBR 10844/1989 as saídas são orifícios na calha, cobertura, terraço e similares, para onde as águas pluviais convergem. Ralos são

caixas dotadas de grelha na parte superior, destinada a receber águas pluviais, e podem ser do tipo plano ou hemisférico.

Por fins condutores são instalações verticais e horizontais que recolhem a água das saídas e ralos e conduzem ao ponto de descarga, os horizontais são Canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais. Conductor vertical, é uma tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício. (NBR 10844/1989).

3.8 REUSO DE ÁGUA PLUVIAL

Para Cunha (2011), com o crescimento populacional, aumentou a necessidade de água para abastecimento, agricultura de maior escala para alimentar a crescente população, e a criação de mais indústrias que consomem mais água.

Como é um bem precioso e finito, é necessário a criação de atitudes que amenizem o desperdício, por exemplo, o reuso de águas. A água reutilizada pode ser tratada ou não e utilizada para fins não potáveis ou potáveis quando tratada adequadamente.

Uma água quando captada da chuva em uma residência, pode ser aproveitada em descargas, lavagens de pisos, para atividades de jardinagem, lavagem de automóveis, essas práticas diminuiriam o consumo de água do abastecimento público.

São inúmeros benefícios quando essa prática é adotada, como redução no consumo de água da rede pública e como consequência uma economia nas despesas com água, contribuindo para o meio ambiente e gerando bem-estar de modo geral para a população.

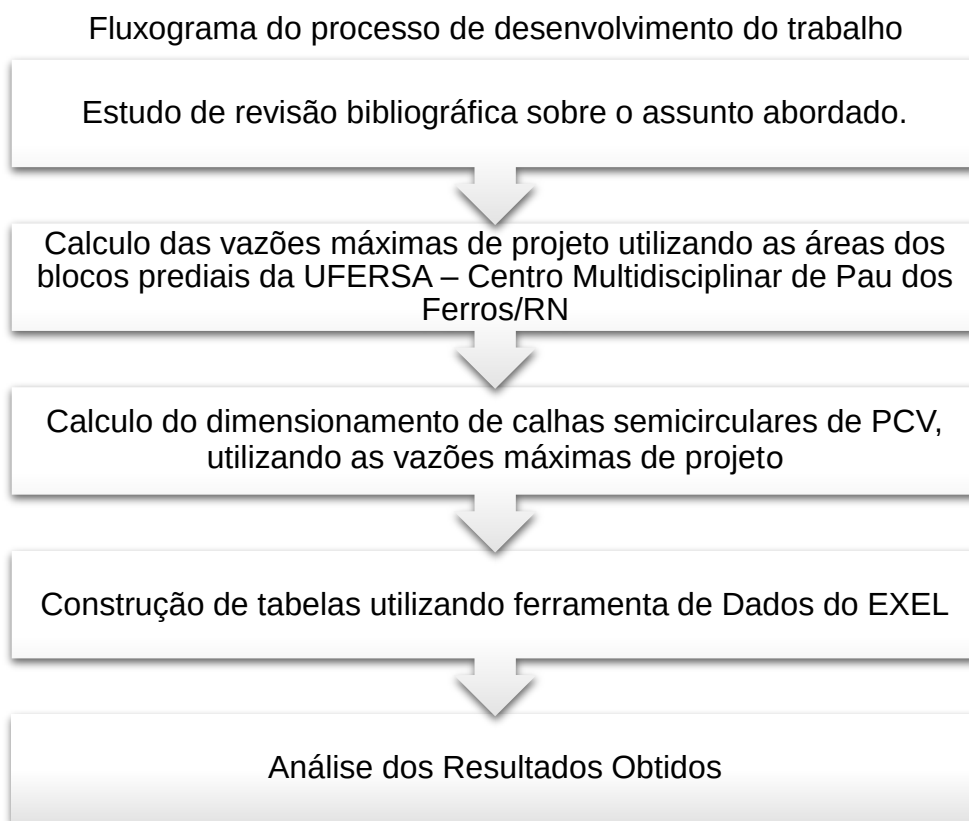
Apesar de ser uma opção interessante do ponto de vista ambiental, a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial depende de diversos fatores, entre eles a possibilidade técnica, a viabilidade econômica e a aceitação social. (JUNIOR, 2008)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento dessa pesquisa, de início foi feito um estudo de revisão bibliográfica acerca dos assuntos que serão debatidos e calculados, de autores como NETO, TUNDUSI, SANTOS entre outros.

Na segunda etapa foram feitos os cálculos para as vazões máximas de projeto utilizando as áreas dos blocos prediais da UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN, e utilizando programas de dados como EXEL, foi possível construir as tabelas com as vazões de cada um.

Por fim, foi dimensionado as calhas semicirculares de PVC a partir de das vazões máximas de projeto. Como mostra o Fluxograma a seguir:



4.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Conforme a NBR 10844/1989 a determinação da intensidade pluviométrica “I”, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. São utilizados dados pluviométricos locais.

De acordo com Santos (2015) a equação de intensidade, duração e frequência (IDF) para a cidade de Pau dos Ferros/RN é dado por:

$$I = \frac{760,427 \times T^{0,185}}{(t + 9,778)^{0,741}} \quad (1)$$

Baseado na NBR 10844/1989 da ABNT, para o período de retorno, T (anos), será utilizado índices com 1, 5 e 25 anos e t que é o tempo de duração fixado será de 5 minutos.

4.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Segundo a NBR 10844/1986 a área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação. As figuras 4 e 5 mostram exemplos de áreas de contribuição:

Figura 4- Área de captação em telhados



FONTE: Waterfall 2002, *apud* MAY, 2004

Na Figura 4, é mostrado a área como a multiplicação da largura pelo comprimento, porém, para cálculos mais elaborados deverão ser consideradas as inclinações nesses telados, neste trabalho não serão consideradas as inclinações. A Figura 5 mostra um exemplo de cobertura do tipo de laje:

Figura 5 - Área de contribuição - Laje.



FONTE: Waterfall 2002, *apud* MAY 2004

Na Tabela 1 estão listadas as áreas de contribuição utilizadas para o cálculo das vazões de projetos, que correspondem as áreas de contribuição dos prédios da UFERSA no centro multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN de acordo com ARAÚJO (2016).

Tabela 1: Áreas dos Blocos da UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, 2016

Blocos	A (m²)	A (ha)
Administrativo	894,95	0,089495
Almoxarifado	596,74	0,059674
Biblioteca	1516,29	0,151629
Bloco de salas de Aulas I	1200,55	0,120055
Bloco de salas de Aulas II	736,46	0,073646
Bloco de salas dos Professores II	1240,92	0,124092

FONTE: OLIVEIRA, *apud* ARAUJO 2016.

4.3 VAZÕES DE PROJETO

Segundo Neto (2015), o método Racional é baseado na Equação:

$$Q = C \times I \times A (2)$$

Onde: Q = vazão de enchente na seção de drenagem em m³/s C = Coeficiente de escoamento superficial da bacia hidrográfica, I é a Intensidade média da precipitação

sobre toda a área da bacia, com duração igual ao tempo de concentração em m³/s por hectare; A = Área da bacia hidrográfica, em hectares

De acordo com a NBR 10844 a Vazão de projeto é a Vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas. Ela é estimada pela equação do método racional, obtendo a expressão: Segundo a NBR 10844/1989 para o cálculo da vazão de projeto utiliza-se:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{60} \quad (3)$$

Onde Q é a vazão de projeto em L/min, I é a intensidade pluviométrica mm/h e A é a área de contribuição em m², C é o coeficiente de escoamento, será considerado C=1, ou seja, que é considerado todo escoamento.

Utilizando o valor de A em ha (hectare), e fazendo a conversão de unidades obtemos a equação:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (4)$$

Encontrando uma vazão Q em m³/s.

4.4 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

De acordo com NETO (2015) uma calha deve ter declividade uniforme maior ou igual a 0,5% em direção da saída, e podem ser dimensionadas pela formula de Manning:

$$Q = \frac{60.000}{n} \times A_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (5)$$

Q é a vazão em L/min, A_m área da seção molhada em m², R_h é p raio hidráulico, e I é a declividade (m/m).

Tabela 2: Coeficientes de rugosidade (Manning)

MATERIAL	N
Plástico, aço galvanizado, metais não ferrosos.	0,011
Ferro Fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013

FONTE: Bib. A061, apud NETO, 2015

Sabendo que para o dimensionamento de calhas será realizado para material PVC (POLICLORETO DE VINILA), o valor de n utilizado será 0,011, pois o PVC é classificado plástico.

Tabela 3: Calhas semicirculares quase horizontais com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min), para $h=0,5D$.

Diâmetro Interno	Declividade		
	0,5%	1,00%	2,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1684

FONTE: NETO, 2015

A Tabela 3 mostra diversos diâmetros usuais aos quais foram dimensionadas calhas a partir de vazões máximas de projetos e cada declividade.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN

Pau dos Ferros é um município brasileiro situado no interior do Rio Grande do Norte, mais especificamente na Mesorregião do Alto Oeste Potiguar. Segundo IBGE 2016 a estimativa da população no ano de 2016 é de 30.026 habitantes em uma área de unidade territorial de 259.959 km², tornando-o assim o 22º município com maior densidade demográfica do estado e 683º entre os municípios do País.

Segundo o “Perfil do Seu Município” 2008 emitido pela SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos), a cidade possui um clima muito quente e semiárido, com temperatura anual média de 28,1°C. Segundo a EMPARN a cidade enfrenta um período de estiagem longo, no qual não atinge desde o ano de 2011 a média de precipitação pluviométrica anual considerada chuvosa.

No entanto, a cidade está em constante crescimento, e de acordo com Gomes (2016), um dos aspectos mais relevantes a serem observados na cidade é processo de verticalização recente. A especulação imobiliária e a falta de áreas desocupadas no centro da cidade fizeram surgir um processo de verticalização.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 VAZÕES DE PROJETO

Os cálculos para a determinação das vazões de projeto foram feitos a partir da equação 3 e 4, a Intensidade Máxima foi calculada para os períodos de retornos 1, 5 e 25 anos, e a duração de 5 min como é normalizado pela NBR 10844/1989.

Já as áreas foram utilizadas aquelas apresentadas na tabela 1, em ha chegando a valores da vazão em L/min. Para o valor de C, considerou que toda a precipitação escoou, logo C=1. Os dados obtidos para cada bloco são mostrados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Vazões máximas de projeto nos prédios da UFERSA no Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN, em L/min.

Vazão de projeto		Administrativo	Almoxarifado	Biblioteca
Tempo de retorno (anos)	Im	Q (L/min)	Q (L/min)	Q (L/min)
1	103,3647	1541,770	1028,030	2612,181
5	139,2136	2076,487	1384,572	3518,136
25	187,4957	2796,655	1864,770	4738,298

Im – Intensidade Máxima

Q – Vazão Máxima de Projeto

FONTE: LIMA, 2017.

Tabela 5: Vazões máximas de projeto nos prédios da UFERSA no Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN, em L/min.

Vazão de projeto		Bloco de salas de Aulas I	Bloco de salas de Aulas II	Bloco de salas dos Professores II
Tempo de retorno (anos)	Im	Q (L/min)	Q (L/min)	Q (L/min)
1	103,3647	2068,241	1268,733	2137,789
5	139,2136	2785,548	1708,754	2879,216
25	187,4957	3751,633	2301,384	3877,786

Im – Intensidade Máxima

Q – Vazão Máxima de Projeto

FONTE: LIMA, 2017.

Como o bloco com maior área de contribuição é a Biblioteca com 1516,29 m² ou 0,151629 ha, em consequência disto possui a maior vazão, de acordo com a tabela 6 estima a sua vazão em 2612,181 L/min, 3518,136 L/min e 4738,298 L/min, com 1, 5 e 25 anos de período de retorno respectivamente.

O prédio com menor área de contribuição e menor vazão é o Almojarifado, conforme a tabela 6, as vazões de projeto são 1028,030 L/min, 1384,572 L/min e 1864,770 L/min, com 1, 5 e 25 anos de período de retorno respectivamente.

É perceptível, de acordo com as tabelas, perceber como existe grande captação de litros por minuto nos blocos, mostrando assim a necessidade de uma correta drenagem dessa água.

A partir desses valores de Vazões Máximas de Projeto, foi feita análise de estatística descritiva para cada um dos tempos de retornos, encontrando média, erro padrão, intervalo de confiança entre outros parâmetros mostrados nas tabelas 6.

Tabela 6: Valores da estatística descritiva para a vazão nos Períodos de retornos de 1, 5 e 25 anos, em L/min.

	Q (L/min) T = 1 ano	Q (L/min) T = 5 anos	Q (L/min) T = 25 anos
Média	1776,12	2392,12	3221,75
Erro padrão	244,07	328,72	442,73
Mediana	1805,01	2431,02	3274,14
Desvio padrão	597,85	805,20	1084,46
Variância da amostra	357427,21	648345,41	1176049,87
Intervalo	1584,15	2133,56	2873,53
Mínimo	1028,03	1384,57	1864,77
Máximo	2612,18	3518,14	4738,30

FONTE: LIMA, 2017.

As tabelas 8 e 9 mostram que as médias para as vazões com 1, 5 e 25 anos de período de retorno são 1776,124254 L/min, 2392,11889 L/min e 3221,754238 L/min, respectivamente, com uma diferença de 1445 L/min entre 1 e 25 anos de tempo de retorno.

5.1 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

Para o cálculo do dimensionamento de calhas, foi utilizado a equação 5. O material suposto foi o PVC, onde de acordo com a tabela 2, tem um coeficiente de rugosidade $n=0,011$. A Declividade utilizada é 0,5%.

Sabe-se que a área do círculo em função do raio é:

$$A = \pi \times r^2 \quad (6)$$

E em função do diâmetro que é 2 vezes o raio:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (7)$$

Como será feito o dimensionamento para uma calha semicircular, a equação será dividida por 2, e dividindo os valores das constantes chegamos a:

$$A = 0,3972 \times D^2 \quad (8)$$

Além disso, o perímetro molhado em função do diâmetro para um elemento semicircular é:

$$P = \frac{D \times \pi}{2} \quad (9)$$

A partir desses dados podemos encontrar o raio hidráulico R_h , pela equação da equação:

$$R_h = \frac{A}{P} \quad (11)$$

Onde: A = área (m), P = perímetro molhado (m).

Substituindo a equação 8 e 9 em 10, encontramos:

$$R_h = \frac{0,3927 \times D^2}{1,57 \times D} \quad (12)$$

Simplificando temos que:

$$R_h = 0,25 \times D \quad (13)$$

Com todos os valores da equação 5 em função do diâmetro, substituindo nesta obtemos:

$$Q = \frac{60.000}{0,011} \times 0,3927 \times D^2 \times (0,25 \times D)^{2/3} \times (0,005)^{1/2}$$

Simplificando os termos e

$$D^{8/3} = \frac{Q}{60107,84} \quad (14)$$

Desta forma, com os valores de vazões de projeto (l/min) obtidas a partir da equação 3, utilizando as áreas de contribuição de prédios de Pau dos Ferros/RN, podemos dimensionar o diâmetro da calha.

Usando o a vazão de projeto do bloco administrativo, onde $Q = 1541,770638$ l/min e utilizando a equação 13 temos:

$$D^{8/3} = \frac{1541770638}{60107,84}$$

$$D^{8/3} = 0,02565$$

$$D = 0,253\text{m} = 253\text{mm}$$

Aplicando na equação cada um dos valores da Vazão de projeto, por fim podemos montar a tabela com os diâmetros dimensionados para 1, 5 e 25 anos de retorno.

Tabela 7: Dimensionamento do diâmetro das calhas para as vazões de projetos de prédios em Pau dos Ferros/RN.

T = 1 ano			
Bloco	Q (l/min)	D (m)	D (mm)
Administrativo	1541,771	0,253	253
Almoxarifado	1028,031	0,217	217
Biblioteca	2612,181	0,309	309
Bloco de salas de Aulas I	2068,242	0,283	283
Bloco de salas de Aulas II	1268,733	0,235	235
Bloco de salas dos Professores I	2137,789	0,286	286

FONTE: LIMA, 2017

Tabela 8: Dimensionamento do diâmetro das calhas para as vazões de projetos de prédios em Pau dos Ferros/RN.

T = 5 anos			
Bloco	Q (l/min)	D (m)	D (mm)
Administrativo	2076,487	0,283	283
Almoxarifado	1384,572	0,243	243
Biblioteca	3518,136	0,345	345
Bloco de salas de Aulas I	2785,548	0,316	316
Bloco de salas de Aulas II	1708,754	0,263	263
Bloco de salas dos Professores I	2879,216	0,320	320

FONTE: LIMA, 2017.

Tabela 9: Dimensionamento do diâmetro das calhas para as vazões de projetos de prédios em Pau dos Ferros/RN.

T = 25 anos			
Bloco	Q (l/min)	D (m)	D (mm)
Administrativo	2796,655	0,317	317
Almoxarifado	1864,770	0,272	272
Biblioteca	4738,298	0,386	386
Bloco de salas de Aulas I	3751,633	0,353	353
Bloco de salas de Aulas II	2301,385	0,294	294
Bloco de salas dos Professores I	3877,786	0,358	358

FONTE: LIMA, 2017.

Os diâmetros variam entre 217mm e 309 mm de acordo com as tabelas 4, com o período de retorno de 1 ano, usando a análise estatística sabe-se que a média do diâmetro para esses períodos é de aproximadamente 264 mm

Já na Tabela 8 mostra os diâmetros calculados com as vazões para 5 anos de retorno, a média entre esses valores corresponde a cerca de 295 mm e os valores oscilam entre 243 mm e 345 mm.

Além disso, para 25 anos de retorno, temos valores de diâmetros entre 272 mm e 386 mm, conforme Tabela 9 e uma média de 330 mm.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, conclui-se que através deste trabalho foi possível calcular vazões de projeto para a cidade de Pau dos Ferros/RN através da Equação IDF (Intensidade, Duração e Frequência) e utilizando as áreas dos blocos da UFERSA do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros/RN.

Para o cálculo das intensidades máximas obteve-se os valores de 103,36mm/h 139,21 mm/h e 187,49 mm/h, para 1, 5 e 25 anos de período de retorno, respectivamente. E verificou-se ainda que a média das vazões de projeto para esses períodos de retorno são aproximadamente 1776 L/min, 2392 L/min e 3221 L/min, respectivamente.

Além disso, utilizando esses valores foi possível dimensionar o diâmetro da tubulação de cano PVC, para as calhas que devem ser responsáveis pela captação e drenagem dessa água pluvial.

Com esse dimensionamento de calhas é possível realizar futuramente um projeto de dimensionamento de reuso dessa água, diminuindo o consumo da água dos reservatórios, ajudando a diminuir o problema da escassez d'água a qual a cidade enfrenta, sendo uma importante alternativa ambiental, econômica e social.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Igor Ferreira de. **Equações de intensidade, duração, frequência de chuvas para a microrregião de Pau dos Ferros/RN**: Estimativa de vazões máximas com base no modelo chuva-vazão. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia). UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. Pau dos Ferros/RN, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações Prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

CAMPOS, Marcus André Siqueira; AMORIM, Simar Vieira de. Aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multifamiliar no município de São Carlos. In: **I CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**. São Paulo. 2004

CUNHA, Ananda Helena Nunes et al. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer-Goiânia**, v. 7, n. 13, 2011.

DE CALBETE, Nuri O. et al. Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil. 1996.

GHISI, Eneir; GUGEL, Eloir Carlos. Instalações prediais de águas pluviais. **Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis**, 2005.

GOMES, Hortência Pessoa Rêgo. PAU DOS FERROS/RN: UMA CIDADE PEQUENA COM CARACTERÍSTICAS DE CIDADE MÉDIA. In: **I CONIDIS: Congresso internacional da diversidade do Semiárido**. p. 11.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual>>. Acessado 14 de Jul. 2017.

JÚNIOR, Gilson Barbosa Athayde; DIAS, Isabelly Cícera Souza; GADELHA, Carmem Lúcia Moreira. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **CEP**, v. 58059, p. 900, 2008.

KUCHLER, O. A. et al. Sistema para aquisição de dados pluviométricos. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 30, 2010.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2004

NETO, Antonio Cardoso. Sistemas urbanos de drenagem. **FAU/USP. Apostila digital disponível em www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aut192_2012-bibliografia_inund_dren.pdf**, 2009.

NETO, Jose Martiniano De Azevedo. **Manual de hidráulica**. 9 ed. São Paulo: BLUCHER, 2015.

OLIVEIRA, Tarcísio Dorn De; CHRISTMANN, Samara Simon; PIEREZAN, Juliene Biazzi. Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista gestão e desenvolvimento em contexto- GEDECON edição especial**. 2007

RIGHETTO, Antônio Marozzi; MOREIRA, L. F. F.; SALES, TEA de. Manejo de águas pluviais urbanas. **Rio de Janeiro: ABES**, p. 21-72, 2009.

SANTOS, Wesley de Oliveiral. **Máximas intensidades e índices de erosividade de chuvas para o Rio Grande do Norte**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Semi Arido – UFERSA, Mossoró-RN - 2015.

SCIELO EM PERSPECTIVA HUMANA. **Crise hídrica, escassez de água e direitos humanos – ambiente & sociedade abre chamada de trabalhos para volume especial**. Disponível em: <<http://humanas.blog.scielo.org/blog/2015/02/06/crise-hidrica-escassez-de-agua-e-diretos-humanos-ambiente-sociedade-abre-chamada-de-trabalhos-para-volume-especial/>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

SILVA, M. M. N. da et al. **A crise hídrica no estado do rio grande do norte**. Disponível em: <http://www.confea.org.br/media/contecc2016/experien%20cia_profissional/a%20crise%20h%C3%ADDRICA%20NO%20ESTADO%20DO%20RIO%20GRANDE%20DO%20NORTE.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2017.

SILVEIRA, Bruna Quick da. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais**. Departamento do Curso de Engenharia de Materiais e Construção. Universidade Federal de Minas Gerais. Jan 2008.

TERMO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA. Nº. 016/ 2012, CREA-MG e FUNASA. Minas Gerais. Set 2013.

TUCCI, Carlos EM. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

VIEIRA, Dirceu Brasil; NETO, Francisco Lombardi; DOS SANTOS, Ronaldo P. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Mococa, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1215-1220, 1998.