



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



LUIZ RANYELSON ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DO
INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – *CAMPUS CAJAZEIRAS***

Cajazeiras
2020

LUIZ RANYELSON ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DO
INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – *CAMPUS* CAJAZEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Katharine Taveira de Brito
Medeiros

Cajazeiras
2020

O48a

OLIVEIRA, Luiz Ranyelson Alves de

Análise do sistema predial de drenagem das águas pluviais do instituto federal da Paraíba – Campus Cajazeiras / Luiz Ranyelson Alves de Oliveira. - Cajazeiras, 2020 39f..

TCC (pdf)

Orientador: Katharine Taveira de Brito Medeiros

1. Solo. 2. Drenagem. 3. Água Pluvial . I. / Luiz Ranyelson Alves de Oliveira.
II. Título.

CDU: 626.86

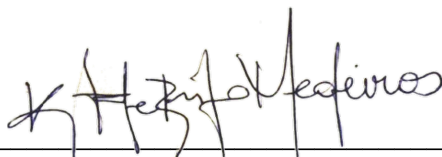
LUIZ RANYELSON ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS DO
INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS CAJAZEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 10 de dezembro de 2020.

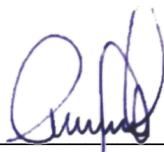
BANCA EXAMINADORA



Katharine Taveira de Brito Medeiros – IFPB-Campus Cajazeiras
Orientadora



Bruno de Medeiros Souza – IFPB-Campus Cajazeiras
Examinador 1



Cícero de Souza Nogueira Neto – IFPB-Campus Cajazeiras
Examinador 2

Dedico este trabalho aos meus pais em especial, pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela oportunidade de realizar essa graduação.

À minha família, por estarem ao meu lado durante todo o percurso acadêmico.

A todos os professores, por todo conhecimento repassado e pela contribuição para minha formação tanto como cidadão quanto profissional.

À minha orientadora, Katharine Taveira de Brito Medeiros, por todo apoio e paciência durante a execução desse trabalho.

Aos colegas do IFPB pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso. Em especial, à Jonas Andrade, Regina Maria, Francisco Ygor, Roneide Martins, Sara Jamille, Rafaela Oliveira e Wamon Salomão por todo o auxílio prestado durante esses 5 anos de graduação.

Por fim, ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras pela oportunidade de realização desse e muitos outros trabalhos na área de pesquisa e a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização desse trabalho.

RESUMO

Um sistema de águas pluviais e drenagem é composto por calhas, condutores, grelhas, coletores, entre outros dispositivos, com a finalidade de recolher e conduzir a água das chuvas a um destino final, podendo ser um corpo hídrico ou um sistema de coleta público. O que torna esse sistema eficaz com a funcionalidade de evitar alagamentos e, conseqüentemente, danos estruturais. O IFPB - *Campus* Cajazeiras, regularmente sofre de alagamentos causados por chuvas intensas. Uma das causas dessa situação pode ser o sistema atual de águas pluviais, que pode não ter sido dimensionado para suportar grandes intensidades pluviométricas. Neste contexto, esse trabalho tem como a finalidade de analisar o sistema atual do *Campus* a fim de descobrir a pluviosidade máxima suportada e, conseqüentemente, as pluviosidades que causam danos ao Instituto. Para isso, o sistema será dimensionado para as pluviosidades de 174 mm, 152 mm e 83,89 mm, seguindo as orientações e recomendações das normas, e posteriormente, serão indicadas as soluções para valores superiores aos calculados.

Palavras-Chave: Sistema de drenagem; água pluvial; Infiltração no solo.

ABSTRACT

A rainwater and drainage system consists of gutters, conductors, grills, collectors, among other devices, with the purpose of collecting and transporting rainwater to a final destination, which may be a water body or a public collection system. What makes this system effective with the functionality to prevent flooding and, consequently, structural damage. IFPB - *Campus* Cajazeiras, regularly suffers from floods caused by intense rains. One of the causes of this situation may be the current rainwater system, which may not have been designed to withstand great rainfall. In this context, this work has the purpose of analyzing the current system of the *Campus* in order to discover the maximum supported rainfall and, consequently, the rains that cause damage to the Institute. For this, the system will be dimensioned for rains of 174 mm, 152 mm and 83.89 mm, following the guidelines and recommendations of the standards, and later, solutions for higher values than those calculated will be indicated.

Keywords: Drainage system; rainwater; Infiltration into the soil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Infiltrômetro de anel de Fagundes <i>et al.</i> (2012).....	18
Figura 2 - Infiltrômetro de anel de Mancuso <i>et al.</i> (2014)	19
Figura 3 - Instituto Federal da Paraíba - <i>Campus</i> Cajazeiras	20
Figura 4 - Pátio alagado do IFPB - <i>Campus</i> Cajazeiras	21
Figura 5 - Chuvas Intensas no Brasil (Duração de 5 min).....	23
Figura 6 - Representação de Corte do Bloco	24
Figura 7 - Representação de Vista Superior do Bloco.....	24
Figura 8 - Representação de Calha Retangular	26
Figura 9 - Representação de Calha Semicircular.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Pluviométricos em mm/h	22
Tabela 2 - Áreas de Contribuição	25
Tabela 3 - Coeficientes de Rugosidade	30
Tabela 4 - Dimensionamento das Calhas para Pluviosidade de 174mm	31
Tabela 5 - Dimensionamento das Calhas para Pluviosidade de 152mm	32
Tabela 6 - Pluviosidades Máximas Suportadas pelas Calhas	33
Tabela 7 - Redimensionamento da Calha “Q”	34
Tabela 8 - Tempo de Infiltração no <i>Campus</i>	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL	16
3.2 INFILTRAÇÃO NO SOLO	17
4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	20
4.1 LOCAL DE ESTUDO.....	20
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	21
4.2.1 Dados Pluviométricos.....	21
4.2.2 Dados Técnicos.....	23
4.2.3 Dados Gerais.....	25
4.3 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL	26
4.3.1 Dimensionamento para as Pluviosidades de 174 mm e 152 mm	27
4.3.2 Verificação da Capacidade Máxima pro Sistema Existente	28
4.4 CÁLCULO DE TEMPO DE INFILTRAÇÃO NO <i>CAMPUS</i>	28
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
5.1 ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL	30
5.2 ANÁLISE DA CAPACIDADE MÁXIMA PRO SISTEMA EXISTENTE	33
5.3 ANÁLISE DE TEMPO DE INFILTRAÇÃO NO <i>CAMPUS</i>	34
6 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

APÊNDICE A – DIMENSÕES DAS CALHAS HORIZONTAIS	38
APÊNDICE B – DISPOSIÇÃO DAS CALHAS DO INSTITUTO.....	39

1 INTRODUÇÃO

Os alagamentos são problemas recorrentes em muitas regiões, sendo causados por múltiplas situações, desde tubulações rompidas, a enchentes dos corpos hídricos próximos. Mas essa situação ocorre principalmente por grandes intensidades pluviométricas.

Existem múltiplas soluções para impedir que alagamentos causados por altas pluviosidades, como o uso de bueiros ou áreas verdes. Uma das formas mais utilizadas a fim de impedir que alagamentos ocorram é a instalação de um sistema predial de água pluvial.

De acordo com Rino (2011), os sistemas prediais de águas pluviais têm como principal função reunir e encaminhar as águas das chuvas desde a área de captação, no edifício, até à rede pública. Para isso, o sistema deve ser dimensionado utilizando a NBR 10884 (ABNT, 1989) a fim de evitar a sobrecarga do sistema.

Quando um sistema não é dimensionado de forma correta, é possível que as chuvas possam causar danos a edificação. Segundo Viegas, Nóbrega e Sírío (2017), a falta ou instalação incipiente desse sistema pode ocasionar vários riscos, como o desgaste do solo, desgastes dos sistemas elétrico e estrutural do prédio, mofo nos ambientes, comprometimento de bens materiais, alagamentos, riscos de acidentes e condições de insalubridade, além de problemas associados ao saneamento e à qualidade de vida das pessoas.

Um exemplo disso é o Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – *Campus* Cajazeiras, onde, ao ultrapassar o valor de 83,89 mm, calculado posteriormente, parte da instituição se torna inutilizável pelos estudantes, principalmente o pátio e o refeitório. Além de se tornar um risco aos estudantes, pode comprometer os sistemas elétricos e estruturais do *Campus*.

Como observado na Universidade Federal do Maranhão (UFMA) por Viegas, Nóbrega e Sírío (2017), os alagamentos e infiltrações são problemas que podem ser resolvidos ou atenuados com um redimensionamento do sistema de água pluvial.

Por se tratar de um Instituto que possui uma grande área verde, é possível analisar o solo para identificar o motivo da incapacidade de absorver a água pluvial acumulada. Como indicado por Silva *et al.* (2018), essas áreas verdes podem ser utilizadas para amenizar os alagamentos.

Em vista disso, o presente trabalho tem aplicabilidade no desenvolvimento da utilização do espaço público, para a melhoria ou solução dos problemas encontrados no *Campus*.

A seção 3 descreve a revisão de literatura utilizada como base na elaboração deste trabalho. A seção 4 explica, detalhadamente, como foi realizado o dimensionamento e a coleta de informações necessárias para o mesmo. Os resultados do dimensionamento são relatados e analisados na seção 5, enquanto as conclusões finais são apresentadas na seção 6.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a capacidade máxima suportada pelo sistema predial de águas pluviais do IFPB – *Campus* Cajazeiras e propor soluções para os casos onde as intensidades pluviométricas superem o valor máximo obtido.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar as intensidades pluviométricas suportadas pelas calhas e tubulações;
- Dimensionar o sistema para pluviosidades máximas;
- Analisar a capacidade de infiltração do solo exposto do *Campus*;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMA PREDIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS

Um sistema de drenagem pluvial é constituído pelas redes coletoras, acessórios e dispositivos de descarga final (Rino, 2011). O mais básico dos sistemas, é composto por condutores verticais e horizontais, as conexões que interligam os condutores e o sistema de coletor pluvial público.

Esse sistema, segundo Santos (2018), deve ser projetado e executado de forma a garantir que a água pluvial, que precipitou sobre os edifícios, seja coletada, conduzida e destinada a um local adequado.

Em situações onde o sistema apresenta falhas de dimensionamento ou execução, podem ocorrer alagamentos, infiltrações, entre outros problemas. Socoloski *et al.* (2019) demonstrou que um subdimensionamento de um sistema pluvial ocasiona em infiltrações que podem gerar patologias na estrutura.

Favaro (2017) explica que entre as causas para um sistema defeituoso, pode-se citar: ferrugem de pregos, falhas nas soldas, mau dimensionamento, falta do detalhamento, deformações, entupimento, ou mesmo na execução.

Como observado, diversas são as causas que levam um sistema pluvial a falhar, mas se analisado com precedência, o problema pode ser resolvido antes que qualquer dano duradouro possa ocorrer. Para isso, o sistema deve ser analisado desde a sua captação, até o destino final adequado.

Em situações que o sistema precisa ser dimensionado, ou redimensionado, é recomendada a utilização de normas que garantem que o sistema não precise ser reformado caso as condições utilizadas para o seu dimensionamento permaneçam inalteradas. A norma que regulariza os sistemas prediais de águas pluviais é a NBR 10844 (ABNT,1989) que, segundo a mesma, “fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.”

Essa norma regula tanto sistemas que visam ser utilizados para armazenamento de água pluvial, caso utilizado por Ogrodnik e Wandscheer (2018), na Escola Estadual Dom Orlando Dotti, quanto para o simples descarte correto, como indicado por Viegas, Nóbrega e Sório (2017), no Centro Pedagógico Paulo Freire.

Em ambos os casos os sistemas foram analisados e dimensionados a partir de suas calhas, as conexões entre elas, e depois o destino escolhido, seja um reservatório ou uma área para infiltração. Da mesma forma, em ambos os casos, o objeto de estudo era um ambiente de ensino.

Como o objeto de estudo é o Instituto Federal da Paraíba (IFPB) - *Campus Cajazeiras*, uma instituição de ensino, optou-se por começar a análise da mesma forma que Ogrodnik e Wandscheer (2018) e Viegas, Nóbrega e Sírío (2017), inicialmente com as calhas e posteriormente com o destino final.

3.2 INFILTRAÇÃO NO SOLO

A infiltração no solo é o processo em que a água adentra no solo através de sua superfície (Santos *et al.*, 2013). A água que infiltra no solo pode ser de múltiplas origens, mas a principal delas é a chuva.

Grande parte dos destinos finais de um sistema pluvial são os solos expostos, como visto por Viegas, Nóbrega e Sírío (2017). Em situações onde não existe um sistema coletor público ao qual possa ser conectado ao sistema pluvial o descarte final se torna o solo exposto mais próximo. Klein e Klein (2014) explicam que o solo é um filtro universal e totalmente natural, o que permite um descarte sem danos desde que o solo consiga infiltrar tudo.

Assim, para saber se o solo pode suportar a intensidade pluviométrica imposta a ele, é preciso realizar ensaios para determinar a taxa de infiltração no solo. Segundo Vilarinho *et al.* (2013), conhecer a taxa de infiltração é de grande importância e pode ser aplicado em diversas áreas de conhecimento.

Existem diversos métodos para de determinar a taxa de infiltração no solo, como os métodos de Kostiakov-Lewis, de Horton, ou de Philip, descritos por Oliveira, Soares e Holanda (2018), assim como o método do infiltrômetro de anel explicado por Mello e Silva (2007). De acordo com Beckman *et al.* (2015) e com Santos *et al.* (2013), o método do infiltrômetro de anel é “simples e prático para a determinação da infiltração através da velocidade e do tempo”.

Segundo Fagundes *et al.* (2012), o método consiste na utilização de dois anéis, ambos com altura de 30 cm e diâmetros de 25 cm e 50 cm, instalados concentricamente e

enterrados 5 cm no solo. Com o auxílio de uma régua graduada foi acompanhada a infiltração vertical no cilindro interno a partir do momento em que a água foi colocada, ao mesmo tempo, nos dois anéis. A partir disso, é montado um gráfico de velocidade de infiltração por tempo. Esse método é repetido por Santos *et al.* (2013) mantendo os mesmos parâmetros, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Infiltrômetro de anel de Fagundes *et al.* (2012)



Fonte: Fagundes *et al.*, 2012

Mancuso *et al.* (2014) realiza o método da mesma forma que Fagundes *et al.* (2012) e Santos *et al.* (2013), mas altera as dimensões dos anéis, que passa a ter altura de 20 cm e diâmetros de 20 cm e 40 cm, como demonstrado na Figura 2. Essas dimensões não afetam os valores calculados, uma vez que o principal parâmetro utilizado é a altura medida na régua graduada.

Figura 2 - Infiltrômetro de anel de Mancuso *et al.* (2014)



Fonte: Mancuso *et al.*, 2014

Assim, optou-se por utilizar esse método para determinar a taxa de infiltração no *Campus*. Silva *et al.* (2018) realizou um estudo no mesmo *Campus* num intervalo de tempo muito curto para evidenciar a necessidade de refazer o ensaio, logo utilizou-se esse estudo para a obtenção dos valores utilizados nesse trabalho.

Existem múltiplas situações onde os valores encontrados por esses métodos se tornam inexpressivos. Zonta *et al.* (2012) afirma que se um solo sofre com chuvas sucessivas, a taxa de infiltração será influenciada. Ele ainda declara que os diferentes tipos de inclinação da chuva não afetam na taxa de infiltração. Assim para o presente trabalho pode-se considerar a inclinação de 90° para conseguir apenas o maior volume de água.

4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo escolhido foi o Instituto Federal da Paraíba (IFPB) - *Campus* Cajazeiras, conforme a Figura 3, localizado na Rua José Antônio da Silva, no bairro Jardim Óasis, na cidade de Cajazeiras, Paraíba. O *Campus* possui 9.202,43 m² de área coberta e um total de 36.794,89 m².

Figura 3 - Instituto Federal da Paraíba - *Campus* Cajazeiras



Fonte: Google Earth, 2020

Na Figura 4 pode-se observar a situação em que o Instituto se encontra ao receber chuvas com grandes intensidades pluviométricas. Isso se torna um grande risco para todos os estudantes e funcionários, além da possibilidade de causar danos ao próprio *Campus*.

Figura 4 - Pátio alagado do IFPB - Campus Cajazeiras



Fonte: Silva *et al.*, 2018

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

A etapa do levantamento de dados foi desmembrada em três categorias a fim de facilitar o agrupamento das informações obtidas. Sendo essas: os dados pluviométricos, dados técnicos e dados gerais.

4.2.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos necessários para o dimensionamento da instalação pluvial foram obtidos coletando do site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2020). Os dados disponibilizados pela AESA são valores diários, mas para esse dimensionamento, foi considerado que essas chuvas ocorrem no período de 1 hora.

Assim, foram coletados os dados obtidos do período de 26 anos, de 1994 a 2020, e compiladas na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados Pluviométricos em mm/h

Ano	Mínimas	Média	Máximas
1994	0,1	12,32	167,5
1995	0,1	14,72	85
1996	0,1	15,20	115
1997	0,2	15,52	130,5
1998	0,1	13,93	70,4
1999	0,1	13,59	102
2000	0,1	13,52	174
2001	0,1	10,94	113
2002	0,3	14,79	71,7
2003	0,2	16,57	104
2004	0,2	17,18	79,8
2005	0,5	13,25	116,5
2006	0,2	15,42	136,5
2007	0,1	14,09	120,2
2008	0,1	17,99	98,7
2009	0,2	12,77	95,1
2010	0,2	12,82	64,4
2011	0,4	15,64	170,4
2012	0,2	12,65	150,3
2013	0,2	11,47	109,4
2014	0,1	11,92	85,4
2015	0,3	13,02	103,5
2016	0,5	16,90	129,8
2017	0,5	13,15	99,9
2018	1	17,20	92,4
2019	1	14,13	120,6
2020	0,3	18,48	160,6
1994 - 2020	0,1	14,41	174

Fonte: Autor, 2020

Como o dimensionamento será realizado para a situação mais desfavorável foi utilizada o maior valor registrado dos 26 anos coletados. Da mesma forma utilizou-se o valor disponibilizado pela NBR 10884 (ABNT, 1989), como indicado na Figura 5, para fins de comparação.

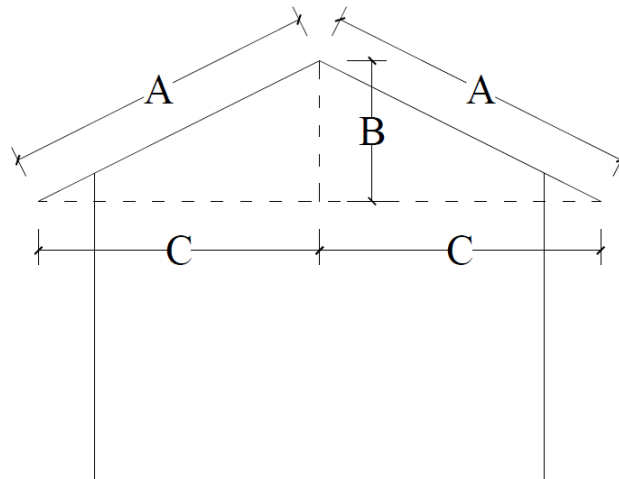
Figura 5 - Chuvas Intensas no Brasil (Duração de 5 min)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
55 - Porto Alegre/RS	118	146	167 (21)
56 - Porto Velho/RO	130	167	184 (10)
57 - Quixeramobim/CE	115	121	126
58 - Resende/RJ	130	203	264
59 - Rio Branco/AC	126	139 (2)	-
60 - Rio de Janeiro/RJ (Bangu)	122	156	174 (20)
61 - Rio de Janeiro/RJ (Ipanema)	119	125	160 (15)
62 - Rio de Janeiro/RJ (Jacarepaguá)	120	142	152 (6)
63 - Rio de Janeiro/RJ (Jardim Botânico)	122	167	227
64 - Rio de Janeiro/RJ (Praça XV)	120	174	204 (14)
65 - Rio de Janeiro/RJ (Praça Saenz Peña)	125	139	167 (18)
66 - Rio de Janeiro/RJ (Santa Cruz)	121	132	172 (20)
67 - Rio Grande/RS	121	204	222 (20)
68 - Salvador/BA	108	122	145 (24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145 (16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152 (7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152 (18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204 (21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161 (10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167 (18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152 (15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152 (21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253 (21)

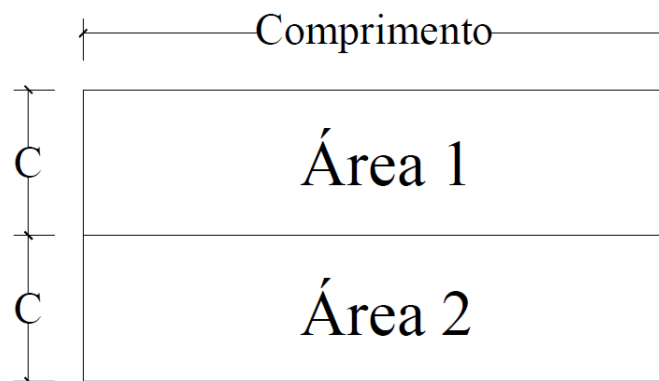
Fonte: Adaptado da NBR 10884 (ABNT, 1989)

4.2.2 Dados Técnicos

Os dados técnicos consistem nas áreas de cobertura inclinadas obtidas das plantas do próprio *Campus*. Para determinar a área de contribuição, foi calculada a largura A, indicado na Figura 6, da cobertura do Bloco e multiplicada pelo seu comprimento, Figura 7.

Figura 6 - Representação de Corte do Bloco

Fonte: Autor, 2020

Figura 7 - Representação de Vista Superior do Bloco

Fonte: Autor, 2020

Após os cálculos serem realizados, pode ser observado que de todos os 16 Blocos, 6 deles possuíam as duas áreas diferentes devido a assimetria desses blocos. A fim de evitar erros no dimensionamento, as áreas dos Blocos foram separadas em “Área 1” e “Área 2”, como indicado na Figura 7.

Para uma melhor representatividade, os dados descritos anteriormente foram compilados na Tabela 2.

Tabela 2 - Áreas de Contribuição

Blocos	Área 1 (m ²)	Área 2 (m ²)	Área Total (m ²)
Administração (I)	125,34	125,34	250,69
Administração (II)	162,95	162,95	325,89
Administração (III)	27,97	27,97	111,88
Administração (IV)	162,95	162,95	325,89
Pátio (I)	205,86	205,86	411,72
Pátio (II)	53,87	53,87	215,48
Pátio (III)	205,86	205,86	411,72
Salas de aula (I)	328,92	361,37	690,29
Salas de aula (II)	328,92	361,37	690,29
Laboratórios	328,92	361,37	690,29
Bloco Prof. Clistenes	334,87	334,87	669,75
Bloco de Engenharia Civil	453,45	453,45	906,89
Eletrônica	399,14	438,52	837,65
Informática	375,73	412,80	788,53
Oficinas	442,26	482,48	924,74
Vestiários	165,60	165,60	331,20
Total			8582,90

Fonte: Autor, 2020

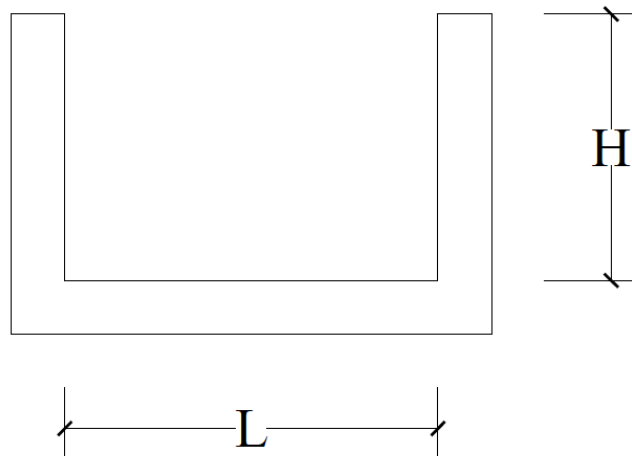
4.2.3 Dados Gerais

Os dados gerais consistem nos dados da infiltração do solo e as disposições e dimensões das calhas horizontais. Para a infiltração foi utilizado o estudo de Silva *et al.* (2018) devido a ter sido realizado recentemente no mesmo *Campus*. Assim foi utilizado o valor de 6,77 mm/min como a taxa de infiltração média do solo.

Identificou-se as conexões das calhas, a fim de definir as áreas de contribuições para o dimensionamento, além de medir as suas dimensões para, posteriormente, verificar a capacidade do sistema atual. Para um melhor entendimento, os valores estão representados no Apêndice A e as conexões no Apêndice B.

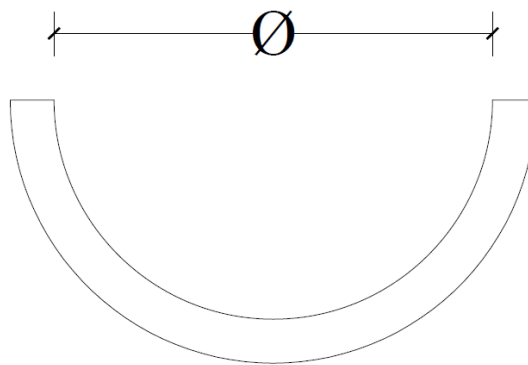
Atualmente o *Campus* possui dois tipos de calhas, retangular e semicircular, indicadas, respectivamente, na Figura 8 e na Figura 9. As calhas são predominantemente retangulares, com apenas a calha “T” sendo semicircular. A diferença que o tipo de calha irá fazer no dimensionamento, será apenas na forma calcular a seção molhada e o raio hidráulico.

Figura 8 - Representação de Calha Retangular



Fonte: Autor, 2020

Figura 9 - Representação de Calha Semicircular



Fonte: Autor, 2020

4.3 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

O dimensionamento foi feito a partir da NBR 10884 (ABNT, 1989), utilizando os dados indicados no item anterior. Foram realizados 2 dimensionamentos: para as pluviosidades de 174 mm e 152 mm, e a verificação da capacidade máxima do sistema existente no *Campus*.

4.3.1 Dimensionamento para as Pluviosidades de 174 mm e 152 mm

Seguindo a NBR 10884 (ABNT, 1989), foi realizado um roteiro de cálculo para o dimensionamento das calhas. Onde, inicialmente, calculou-se a vazão de projeto inicial (Q_i) a ser suportada pela calha, utilizando as precipitações de 174 mm e 152 mm, e as áreas obtidas no item 4.2.2.

$$Q_i = \frac{I \cdot A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q_i = Vazão de projeto inicial, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m^2

Posteriormente foi calculada a vazão de projeto Q , cuja calha A pode suportar, através da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \left(R_H^{2/3} \right) \cdot (i^{1/2}) \quad (2)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

S = área da seção molhada, em m^2

n = coeficiente de rugosidade

R_H = raio hidráulico, em m

i = declividade da calha, em m/m

$K = 60.000$

4.3.2 Verificação da Capacidade Máxima pro Sistema Existente

Para essa verificação foi utilizada a Equação 3, uma adaptação da Equação 1, onde intensidade pluviométrica foi isolada. Como parâmetros, foram utilizadas as áreas obtidas no item 4.2.3 e as vazões máximas suportadas da tabela 5. Assim, tem-se:

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

Onde:

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

Q = Vazão de projeto, em L/min

A = área de contribuição, em m²

Como valor da vazão de projeto irá aumentar a cada nova ligação entre as calhas, a máxima intensidade pluviométrica suportada pelo *Campus* será a menor pluviosidade calculada.

Aplicando a Equação 3 a todas as calhas tem-se, de forma simplificada, a Tabela 5. Onde a menor pluviosidade da mesma será considerada a capacidade máxima do *Campus*.

4.4 CÁLCULO DE TEMPO DE INFILTRAÇÃO NO *CAMPUS*

Devido a uma grande quantidade das calhas não serem conectadas ao sistema de drenagem urbano, o volume de água a ser infiltrado no solo do *Campus* acaba sendo muito abundante. Por causa disso, o tempo necessário para infiltração de toda a água acumulada acaba por ser estendido.

Diante disso, foi calculado, utilizando a Equação 4, o tempo de infiltração necessário para as pluviosidades de 174 mm, 152 mm e a máxima suportada atualmente pelo *Campus* de 83,89 mm, com a finalidade de determinar esse tempo necessário.

$$T_i = \frac{V_i}{A_s \cdot t_i} \quad (4)$$

Onde:

Ti = Tempo de infiltração, em min

Vi = Volume de água pluvial, em mm³

As = Área de infiltração, em mm²

ti = Taxa de infiltração média, em mm/min

Para o cálculo do volume de água pluvial foi levado em consideração toda a área do *Campus* que não possui conexão com o sistema de drenagem urbano, e para a taxa de infiltração será utilizado o valor de 6,77 mm/min, explicado no item 4.2.3.

Devido a inviabilidade de medição direta para encontrar a área de solo exposto, foi necessário calcular uma aproximação dessa área utilizando a taxa de permeabilidade descrita nos códigos de obras dos municípios. De acordo com Campina Grande (2013):

“Taxa de Permeabilidade (TP) é o percentual mínimo de área descoberta e permeável do terreno em relação a sua área total, dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio climático e propicie alívio para o sistema público de drenagem urbana.”

Como o código de obras da cidade de Cajazeiras não possui uma taxa de permeabilidade definida, optou-se por utilizar o valor de 20%, valor mínimo para a cidade de Campina Grande, localizada no mesmo estado. Assim, área de infiltração do *Campus* é de 7358,98 m².

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Para realizar o dimensionamento são necessárias algumas considerações para a declividade e o coeficiente de rugosidade, onde, devido a ser um dimensionamento para a situação mais desfavorável, tem-se a menor declividade da calha, cujo valor é de 0,005 m/m. O valor do coeficiente de rugosidade foi obtido da Tabela 3, onde sabe-se que todas as calhas do *campus* são de concreto não-alisado, logo, tem-se o coeficiente de rugosidade igual a 0,013.

Tabela 3 - Coeficientes de Rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado da NBR 10884, 1989

Utilizando o roteiro de dimensionamento explicado no item 4.3.1 e a pluviosidade de 174 mm, foi elaborada a Tabela 4 que mostra, de forma sucinta: as identificações e as dimensões das calhas, a área de captação, a vazão de projeto inicial (Q_i) e a vazão de projeto (Q).

Tabela 4 - Dimensionamento das Calhas para Pluviosidade de 174mm

Identificação	Área (m²)	Qi (L/min)	Q (L/min)
A	442,26	1282,55	3796,49
B	482,48	1399,20	2994,54
C	399,14	1157,50	3607,73
D	438,52	1271,69	2947,94
E	375,73	1089,62	2526,07
F	412,80	1197,12	2633,06
G	328,92	953,87	2674,76
H	777,13	2253,68	6272,30
I	361,37	1047,98	2177,79
J	814,82	2362,97	4813,99
K	331,20	960,48	2154,48
L	663,79	1925,00	2555,66
M	361,37	1047,98	2516,69
N	328,92	953,87	3452,10
O	814,82	2362,97	4813,99
P	361,37	1047,98	2910,24
Q	1176,19	3410,95	1644,58
R	259,73	753,21	4198,74
S	259,73	753,21	2698,91
T	519,45	1506,41	1961,42
U	259,73	753,21	2057,24
V	190,92	553,66	2810,86
W	190,92	553,66	3034,93
X	1435,92	4164,16	7162,51
Y	190,92	553,66	3929,58
Z	190,92	553,66	3658,43

Fonte: Autor, 2020

Seguindo o mesmo roteiro de dimensionamento utilizado na Tabela 4, foi substituído o valor da pluviosidade para 152 mm e, assim, refeito o dimensionamento, que pode ser resumido na Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensionamento das Calhas para Pluviosidade de 152mm

Identificação	Área (m²)	Qi (L/min)	Q (L/min)
A	442,26	1120,39	3796,49
B	482,48	1222,29	2994,54
C	399,14	1011,15	3607,73
D	438,52	1110,91	2947,94
E	375,73	951,85	2526,07
F	412,80	1045,76	2633,06
G	328,92	833,27	2674,76
H	777,13	1968,73	6272,30
I	361,37	915,48	2177,79
J	814,82	2064,20	4813,99
K	331,20	839,04	2154,48
L	663,79	1681,61	2555,66
M	361,37	915,48	2516,69
N	328,92	833,27	3452,10
O	814,82	2064,20	4813,99
P	361,37	915,48	2910,24
Q	1176,19	2979,68	1644,58
R	259,73	657,97	4198,74
S	259,73	657,97	2698,91
T	519,45	1315,95	1961,42
U	259,73	657,97	2057,24
V	190,92	483,65	2810,86
W	190,92	483,65	3034,93
X	1435,92	3637,65	7162,51
Y	190,92	483,65	3929,58
Z	190,92	483,65	3658,43

Fonte: Autor, 2020

Como pode ser observado nas Tabelas anteriores, o valor que as calhas podem suportar é superior as pluviosidades utilizadas para os dimensionamentos, mas mesmo assim, o sistema atual não suporta grandes intensidades. Isso ocorre devido a 50% das calhas não estarem conectadas ao sistema de drenagem urbano, como indicado no Apêndice B. A falta dessa conexão leva a água pluvial a acumular no Pátio e na Administração.

5.2 ANÁLISE DA CAPACIDADE MÁXIMA PRO SISTEMA EXISTENTE

Aplicando a Equação 3 a todas as calhas tem-se, de forma simplificada, a Tabela 5.

Tabela 6 - Pluviosidades Máximas Suportadas pelas Calhas

Identificação	Máximas Pluviosidades
A	515,06
B	372,39
C	542,33
D	403,35
E	403,38
F	382,71
G	487,92
H	484,27
I	361,59
J	354,48
K	390,30
L	231,01
M	417,86
N	629,71
O	354,48
P	483,20
Q	83,89
R	969,96
S	623,48
T	226,56
U	475,25
V	883,38
W	953,80
X	299,29
Y	1234,96
Z	1149,75

Fonte: Autor, 2020

Nota-se que os valores obtidos são maiores que os valores utilizados no dimensionamento no item anterior, exceto para a conexão “Q”. Mesmo que esta calha esteja um pouco distante dos locais que mais sofrem com o alagamento, o pátio e o refeitório, a diferença das cotas do Instituto faz com que a água não suportada por esta calha, e todas as outras calhas desconectadas, escoem até esses locais, já que existe uma diferença de cota, em relação a calha “Q”, de 2,5 m para o pátio e 4,5 m para o refeitório, e uma diferença de cota

de 8,5 m entre a calha “A” e o refeitório. Logo, pode-se dizer que mesmo as calhas mais distantes contribuem para a situação.

O que indica a necessidade de alteração, inicialmente, desse trecho para que o sistema fique dimensionado de forma a suportar as chuvas de suas respectivas áreas de captação. Seguindo o procedimento de cálculo usado no item 5.1, foi redimensionada a calha “Q” para 3 situações, onde preservou-se uma de cada das dimensões originais para 2 dessas situações, e um dimensionamento sem essas dimensões. Os resultados desse redimensionamento foram compilados na Tabela 7.

Tabela 7 - Redimensionamento da Calha “Q”

Tipo	Qi (L/min)	Largura (cm)	Altura (cm)	Q (L/min)
Original	3410,95	12,8	28,2	1644,58
Dimensionamento 1	3410,95	12,8	55	3415,98
Dimensionamento 2	3410,95	21	28,2	3483,21
Dimensionamento 3	3410,95	26	22	3515,23

Fonte: Autor, 2020

5.3 ANÁLISE DE TEMPO DE INFILTRAÇÃO NO *CAMPUS*

Utilizando da Equação 4 e das considerações explicadas no item 4.4, encontrou-se a quantidade de tempo necessária para a infiltração, onde está simplificada na Tabela 8.

Tabela 8 - Tempo de Infiltração no *Campus*

Pluviosidades (mm)	Tempo de infiltração (min)
174	117,9
152	103,0
83,89	56,8

Fonte: Autor, 2020

Devido ao dimensionamento utilizar a unidade de pluviosidade por hora (mm/h), pode-se observar que o *Campus* não é capaz de infiltrar o mesmo volume que chove. Como indicado na Tabela 8, pode chegar à necessidade de quase 2 horas para infiltrar o equivalente a 1 hora de chuva decorrida.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar a intensidade pluviométrica máxima suportada pelo *Campus*, que, na disposição atual das conexões das calhas, foi de 83,89 mm. Um valor abaixo tanto da intensidade sugerida pela norma, de 152 mm, quanto da intensidade máxima observada no intervalo de 1994 à 2020, de 174 mm.

À medida que cada calha e as conexões entre elas eram analisadas, foi constatado que aproximadamente 50% das calhas não possuíam meios para conduzir a água para o sistema de drenagem público. Essa situação faz com que a água, que deveria ser conduzida para fora do *Campus*, se acumule no pátio e no refeitório.

O estudo do solo do instituto indicou a incapacidade de absorver a demanda atual, onde, na pior das situações, irá precisar de 2 horas para infiltrar 1 hora de chuva. Isso faz com que os ambientes inundados cheguem a demorar o dobro de tempo necessário para se tornarem utilizáveis novamente.

Para resolver esse problema, é sugerida a análise para realizar a conexão entre as calhas. Inicialmente, será preciso alterar somente a calha “Q”, podendo utilizar umas das configurações dimensionadas, mas para que as conexões entre as calhas possam ser realizadas, é preciso redimensionar algumas delas a fim de suportar essas novas vazões. Para o caso em que não seja possível realizar essa conexão, é sugerida utilizar as calhas dispostas ao redor do *Campus* ou, se necessário, criar saídas para que essa água não se acumule no Instituto.

Assim, espera-se que este trabalho possa ser útil no direcionamento de pesquisas futuras com a finalidade de solucionar ou amenizar os problemas de alagamento no *Campus* ou de outras instituições.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA, 2020. Meteorologia – chuvas. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/> Acesso em: 18 de out. de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10884**: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, dez. 1989.

BECKMAN, Ruana Aretha Farias Santiago *et al.* Determinação da infiltração pelo método de infiltrômetro de anel em solo cerrado na fazenda de olho d'água no município de Santa Izabel na região metropolitana de Belém (PA), Brasil. *XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília, Anais... Brasília: Anais do XXI SBRH, p. 1-5, 2015.*

CAMPINA GRANDE. **Lei nº 5410/13** de 23 de dezembro de 2013. Código de obras, Campina Grande: Prefeitura Municipal, 2013.

FAGUNDES, Eliane Aparecida Antunes *et al.* Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, N.14; p. 369-378, 2012.**

FAVARO, Paula Priscila Fleria. **Indicação das patologias relacionados as calhas com comparativo de dimensionamento utilizando a NBR 10844/1989 e a equação de chuva da cidade de Cuiabá-MT. 2017.** Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

KLEIN, Claudia; KLEIN, Vilson Antonio. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais – REMOA, Santa Maria, v.13, n.5, p.3915-3925. dez. 2014.**

MANCUSO, Malva Andrea *et al.* Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais – REMOA, Santa Maria, v. 14 n.1, p. 2890 – 2998, fev. 2014.**

MELLO, Jorge Luiz Pimenta; SILVA, Leonardo Duarte Batista. **Materiais de aula das disciplinas IT 115 – Irrigação e Drenagem, e IT 157 – Irrigação**, Capítulo 03. *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro, 2007.

OGRODNIK, Barbara; WANDSCHEER, Marcelo. Dimensionamento de um sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais na escola estadual de educação básica dom orlando dottti. **IGNIS: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação. v.7, n.1; p. 97-114, jan./abr. 2018.**

OLIVEIRA, D. B. C.; SOARES, W.A.; HOLANDA, M. A. C.R. Análise de desempenho de modelos de infiltração unidimensional de água no solo. **Revista Águas Subterrâneas, v. 32, n. 1, p. 35-42, 2018.**

RINO, Eduardo João Vindeirinho. **Sistemas prediais de drenagem de águas pluviais e freáticas**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre – Engenharia Civil – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2011.

SANTOS, Célia S. dos *et al.* Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 2, p.161 - 165, abr-jun, 2013.

SANTOS, Lara Simeão Oliveira. **Projeto de rede pluvial em um galpão industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SILVA, Luanda Maria Sousa da *et al.* Uso de técnicas alternativas para captação, infiltração e reuso de águas: estudo de caso em Cajazeiras (PB). **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, [S.l.], n. 40, p. 116-131, mai. 2018.

SOCOLOSKI, Rafaela Falcão *et al.* Diagnóstico de falha no sistema predial de águas pluviais de um prédio histórico através do uso de termografia de infravermelho. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, [S.l.], Ed. Especial, p. 1-9, 2019.

VIEGAS, Pedro Licerio Rodrigues; NÓBREGA, Victor Lindoso; SÍRIO, Daniel de Lima Nascimento. Análise do dimensionamento das calhas utilizadas para drenagem das águas pluviais no centro pedagógico Paulo Freire. **Revista Brasileira de Iniciação Científica, Itapetininga**, v.4, n.6, p. 16-33, 2017.

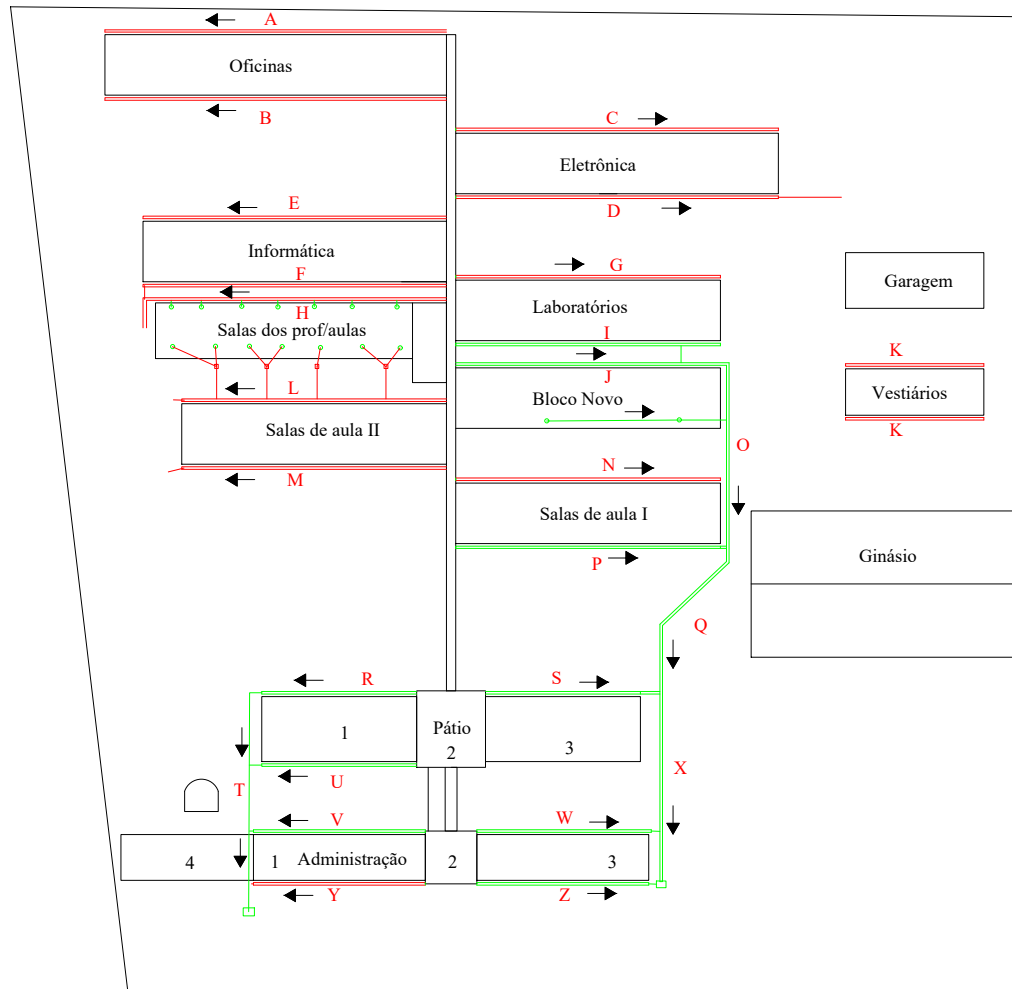
VILARINHO, Marcella Karoline Cardoso *et al.* Determinação da taxa de infiltração estável de água em solo de cerrado nativo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 7, n. 1, p. 17-26, 2013.

ZONTA, João Henrique *et al.* Efeito da aplicação sucessiva de precipitações pluviais com diferentes perfis na taxa de infiltração de água no solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 377-388, abr. 2012.

APÊNDICE A – DIMENSÕES DAS CALHAS HORIZONTAIS

Identificação	Largura (cm)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Conexão com a rede
A	25	24,5	-	Não
B	24,5	20,7	-	Não
C	26,75	21,75	-	Não
D	27,5	18	-	Não
E	24	18,5	-	Não
F	23,8	19,3	-	Não
G	25	18,5	-	Não
H	35	25	-	Não
I	22,7	17,5	-	Sim
J	29	25	-	Sim
K	26	15	-	Não
L	24,2	18,5	-	Não
M	26,3	16,7	-	Não
N	26,75	21	-	Não
O	29	25	-	Sim
P	26,3	18,7	-	Sim
Q	12,8	28,2	-	Sim
R	27,3	24	-	Sim
S	25,8	18	-	Sim
T	-	-	29,5	Sim
U	21,8	17,5	-	Sim
V	22,5	21,7	-	Sim
W	25,5	20	-	Sim
X	20,5	54,8	-	Sim
Y	25	25,2	-	Não
Z	24,2	24,7	-	Sim

APÊNDICE B - DISPOSIÇÃO DAS CALHAS DO INSTITUTO



INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - *CAMPUS CAJAZEIRAS*

CURSO:
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALUNO:
LUIZ RANYELSON ALVES DE OLIVEIRA

ASSUNTO:
DISPOSIÇÃO DAS CALHAS DO IFPB - *CAMPUS CAJAZEIRAS*

DATA:
22/11/2020

ESCALA:
1/1500

PRANCHA:
01/01