

DISCUSSÃO DE PROCESSOS PREVENDO A EFICIÊNCIA HÍDRICA AO BLOCO CETTAL DA UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

DISCUSSION OF PROCESSES PREDICTING WATER EFFICIENCY IN THE CETTAL BUILDING OF THE UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

Fernanda de Oliveira Dozol Lopes, Arquiteta e Urbanista (UNISUL)

João Vitório Dagostin, Engenheiro Civil (UNISUL)

Joelma dos Santos, Engenheira Civil (UNISUL)

PALAVRAS CHAVE

Sustentabilidade; eficiência hídrica; diretrizes hidráulicas

KEY WORDS

Sustainability; water efficiency; hydraulic guidelines

RESUMO

Como prática sustentável no sentido de contribuir para a transformação do espaço compreendido pelo Bloco CETTAL da Universidade do Sul de Santa Catarina em um potencial *green campus*, propõe-se a adoção de medidas voltadas ao alcance da eficiência hídrica. Este processo compreende a captação e reuso de água pluvial, água cinza e tratamento adequado de efluentes, bem como redução das perdas relativas ao desperdício hidráulico. A inclusão da eficiência hídrica aos demais elementos de sustentabilidade que podem ser aplicados à edificação, é resultado de uma discussão recente da necessidade de execução de uma reforma e revitalização sustentável ao empreendimento. A proposta possibilitará uma adequação do espaço aos conceitos da construção sustentável, contribuindo para com a sociedade e status ambiental da instituição.

ABSTRACT

As sustainable practice in order to contribute to the transformation of space comprised by the CETTAL Building of the Universidade do Sul de Santa Catarina in a potential green campus, it is proposed to adopt measures aimed at achieving water efficiency. This process includes the collection and reuse of rainwater, greywater and wastewater treatment, as well as reduction of losses related to water waste. The inclusion of water efficiency to other elements of sustainability that can

be applied to the construction, as a result of a recent discussion of the need for implementing a reform and sustainable revitalization to the enterprise, will allow an adaptation of the space to the concepts of sustainable construction, contributing to society and environmental status of the institution.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente nenhum campus da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) conta com projeto de gestão ou controle de águas e efluentes de forma aplicada nas edificações que integram o espaço universitário. Conforme Ribeiro (2017, p. 98) “[...] a universidade [UNISUL] atualmente não conta com nenhum programa ou normatização para *retrofit*, por exemplo, que consiste na modernização de infraestruturas antigas [...]” que possam contribuir para com a sustentabilidade das edificações no sentido de nortear a incorporação de elementos sustentáveis adicionais em seus *campi*.

O desenvolvimento sustentável em uma instituição de ensino superior é processo lento, ambicioso, envolve mudanças de hábito e comportamento, alto grau de investimento e comprometimento dos gestores da universidade com o tema. Apesar das dificuldades na implementação dos projetos, a UNISUL apresenta uma grande capacidade de mudança, e vem tentando, mesmo que com muitos empecilhos, implementar um *green campus* em suas instalações. Os próximos anos serão estratégicos para definir se a universidade estará alinhada com os compromissos assumidos por praticamente todas as universidades do mundo. (RIBEIRO, 2017, p. 135).

Em se tratando do Campus de Tubarão da UNISUL, os cursos de Engenharia e áreas do conhecimento correlatas tem suas aulas ministradas principalmente no Bloco CETTAL (Centro de Tecnologia Alimentar), cuja construção data ao final da década de 80. Esta edificação foi ampliada no início dos anos 2000 com a prospecção de poucos elementos sustentáveis da arquitetura bioclimática, e não sofreu nenhuma intervenção de grande porte desde esta época.

Inevitavelmente, quando as edificações não têm sua arquitetura e sistemas complementares intrínsecos atualizados para atender as crescentes necessidades dos usuários, ou para possibilitar a introdução de elementos visando a sustentabilidade ambiental e econômica do espaço, as construções

acabam se tornando desatualizadas, antieconômicas e não contribuem para a perspectiva atual e futura de empreendimentos que prezam pela qualidade em obras sustentáveis e acessíveis.

Como prática sustentável no sentido de contribuir para a transformação do Bloco CETTAL em um *green building*, os autores propuseram como trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil um projeto de reforma e revitalização completo ao espaço, integrando as necessidades educacionais, de acessibilidade, de conforto térmico, acústico e lumínico dos usuários, bem como diretrizes visando a eficiência energética e hidráulica. O objetivo da monografia foi elencar de forma bibliográfica e técnica, através de projeto específico, as possibilidades que o espaço apresenta, permitindo uma edificação ecoeficiente e integrada ao conjunto usuário-edificação-entorno.

De forma delimitada, este artigo tem por objetivo discutir o aspecto das diretrizes hidráulicas apresentadas na proposta de reforma previamente citada, ampliando o estudo e fornecendo novas perspectivas quanto à análise dos sistemas para a edificação do Bloco CETTAL.

De forma geral, as diretrizes hidráulicas compreendem a captação e reuso de água pluvial; captação, reuso e tratamento de água cinza; tratamento adequado de efluentes, bem como redução das perdas relativas ao desperdício causado por aparelhos sanitários ineficientes.

A partir deste documento, espera-se contribuir para com a definição da metodologia aplicável no Bloco CETTAL (e demais edificações com características similares) de forma que a eficiência hídrica possa ser alcançada pela adoção de técnicas alternativas de abastecimento e uso de equipamentos sanitários com melhores características hidráulicas de funcionamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A eficiência hídrica está pautada na economia (redução de perdas e controle de vazão), reutilização

(quando possível) e potabilidade dos sistemas hidráulicos.

A racionalização do uso da água não está voltada somente às regiões que sofrem com a escassez hídrica, sendo uma prática louvável mesmo em regiões com recursos abundantes e demandas potenciais crescentes, contribuindo para a manutenção dos recursos naturais. (CAVALCANTE, MACHADO e LIMA, 2013).

Quando analisa-se as possibilidades de reuso hidráulico em edificações educacionais duas possibilidades são elencáveis e plausíveis: captação de água pluvial e captação de águas cinzas através de separação absoluta da rede de esgotamento sanitário.

A captação de água da chuva para reuso acontece usualmente nos telhados das edificações, devido à facilidade de instalação do sistema de coleta, impermeabilização da área e facilidade de transporte dos fluidos em função da declividade e gravidade. A condução da água pluvial após a captação, ocorre mediante calhas, condutores e grelhas, de material do tipo polimérico ou metálico. O tipo e nível do tratamento que a água pluvial coletada será submetida dependerá do destino que esta receberá. (OLIVEIRA, CHRISTMANN e PIEREZAN, 2014).

Com relação a normativa técnica de coleta e reaproveitamento de água pluvial, a NBR 15.527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007, p. 2), define a área de captação como a “[...] área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada”, não sendo considerado, portanto, a superfície inclinada do telhado, e sim a projeção da cobertura para fins de dimensionamento.

A referida norma exige que a ligação física das tubulações, entre a que conduz água potável e a que conduz água pluvial ou de qualidade desconhecida, seja realizada por dispositivo que impeça a conexão cruzada. (ABNT, 2007). Para impedir o contato de água potável com a água coletada da precipitação, pode ser empregado no ponto de uso um componente antiretrossifonagem, que tem por função evitar o refluxo de água pela variação de pressões (JOHN e PRADO, 2010). A tubulação de

distribuição de água fria potável deverá ser totalmente independente da tubulação de distribuição das águas de reuso (não potáveis). Recomenda-se que nos pontos de uso em que houver distribuição de água não-potável haja uma placa indicativa de tal característica. (ABNT, 2007).

Antes da captação pluvial, é recomendado que o escoamento inicial (contendo poeira, fuligem, galhos e detritos depositados naturalmente na cobertura) seja descartado de forma automática (pelo menos os 2mm da precipitação inicial) por meio de um sistema de descarte automático das primeiras águas, e que o restante da pluviosidade seja submetido a um processo mecânico de limpeza por gradeamento, antes do armazenamento e submissão posterior aos demais sistemas de tratamento químico. (ABNT, 2007).

Os reservatórios destinados a comportar a água coletada da precipitação, devem conter extravasor, sistema de esgotamento (para limpeza), cobertura (tampa), além de acesso para inspeção e ventilação. A tomada de utilização, deve estar pelo menos 15 centímetros acima da superfície interna do reservatório, para evitar a sucção dos sólidos acumulados por sedimentação. O reservatório deve ser limpo e desinfetado com solução de hipoclorito de sódio, pelo menos uma vez ao ano, independente dos tratamentos químicos aplicados à água armazenada. Quando utilizado o cloro residual livre para tratamento, a solução deve estar entre 0,5mg/L e 3,0mg/L. É importante destacar que a água coletada, mesmo sendo para fins não potáveis, deve atender parâmetros mínimos de qualidade, conforme quadro 01. (ABNT, 2007).

Quadro 01 – Parâmetros de qualidade de água para usos e reuso restritivo não potáveis

Parâmetro	Valor mínimo aceitável
Coliformes totais (análise semestral)	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes (análise semestral)	Ausência em 100ml
Cloro residual livre (no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção) (análise mensal)	0,5 mg/l a 3,0 mg/l

Parâmetro	Valor mínimo aceitável
Turbidez (análise mensal)	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (análise mensal)	< 15 uH (unidade Hazen)
Ajuste de pH para proteção das redes hidráulicas e metais sanitário (análise mensal)	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação aço-carbono ou galvanizado
NOTA: Podem ser utilizados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.	

Fonte: Adaptado de ABNT (2013, p. 39)

O posicionamento do reservatório de águas da chuva logo abaixo do telhado, ao invés de uma cisterna enterrada reduziria o custo com tubulações e bombeamento, no entanto aumentaria a necessidade de reforço estrutural em função da massa d'água e poderia dificultar o processo de manutenção periódica, dependendo da posição do reservatório, não sendo portanto uma solução viável em muitas situações de reforma devido ao caráter geométrico e estrutural da solução. (OLIVEIRA, CHRISTMANN e PIEREZAN, 2014).

O volume de água aproveitável pela captação pluvial de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), pode ser expresso pelo método hidrológico racional modificado, conforme equação 01:

$$V = P . A . C . n_{(fator\ de\ captação)} \quad (01)$$

sendo:

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária;

A = área de coleta;

C = coeficiente de escoamento superficial de cobertura (coeficiente de runoff);

$n_{(fator\ de\ captação)}$ = eficiência do sistema de captação, considerando o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio do escoamento inicial, caso utilizado.

O volume de precipitação que não for armazenado mediante reservatório (por ultrapassar a capacidade volumétrica), deve ser destinado às galerias pluviais da rede de drenagem urbana. As tubulações que contiverem água não-potável (como a de reutilização pluvial) deverão ser adequadamente identificadas. (ABNT, 2007). A manutenção periódica é de fundamental importância para o correto funcionamento do sistema de reutilização de água. O quadro 02 define a frequência mínima de manutenção para reservatórios de águas pluviais.

Quadro 02 – Frequência de manutenção para reservatório de águas pluviais

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT (2007, p. 5)

Considerando que grande parte do consumo de água potável ocorre nos banheiros das edificações, é plausível que se considere um sistema de reaproveitamento das águas cinzas após adequado tratamento químico para reutilização em bacias sanitárias ou irrigação de plantas ornamentais (fins não potáveis e sem contato direto com os usuários da edificação). Quando reutilizado a água nas edificações, é importante que seja atendido exigências qualitativas mínimas adicionais, sintetizadas pelo quadro 03. (BONI, 2009).

Quadro 03 – Exigências mínimas para uso de água não potável de reuso

Atividade	Exigência
Água para irrigação, rega de jardim e lavagem de pisos	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas
	Não deve ser abrasiva e nem manchar a superfície
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para descarga em bacias sanitárias	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva nem manchar superfície
	Não deve deteriorar os metais sanitários
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para uso ornamental	Deve ser incolor
	Não deve ser turva e não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

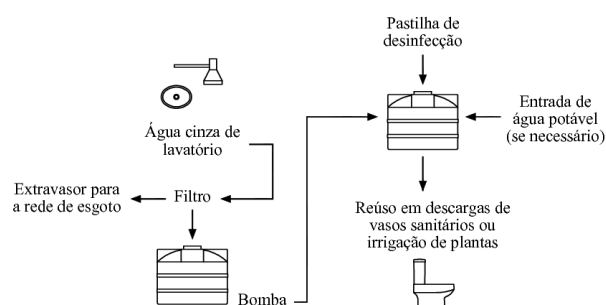
Fonte: Boni (2009, p. 20)

O reuso de águas cinzas (proveniente de lavatórios, chuveiros e bebedouros) quando coletado de forma separada das águas negras (proveniente de sanitários) através de tubulação específica, podem ser reutilizadas após tratamento por gradeamento, decantação, filtro e desinfecção para aplicação em sistemas de atividades não potáveis, tal como jardinagem. (GUERRA, 2016).

As edificações sustentáveis influenciam o projeto integrado de maneira significativa no que se refere à água, pois tem condições de reduzir a quantidade de água potável necessária para descartar os dejetos humanos. A reciclagem das águas fecais e servidas é uma estratégia de conservação da água potável. (KEELER e BURKE, 2010, p. 25).

Conforme figura 01, o tratamento de águas cinzas pode ocorrer por meio da filtragem, seguido por desinfecção por cloro, ou outro elemento químico com tais propriedades, através de pastilhas ou dosagem líquida. O tempo de contato e o agente desinfetante são fatores importantes para garantir o processo de desinfecção da água, que deve ser utilizada apenas para fins não potáveis. (BAZZARELLA, 2005).

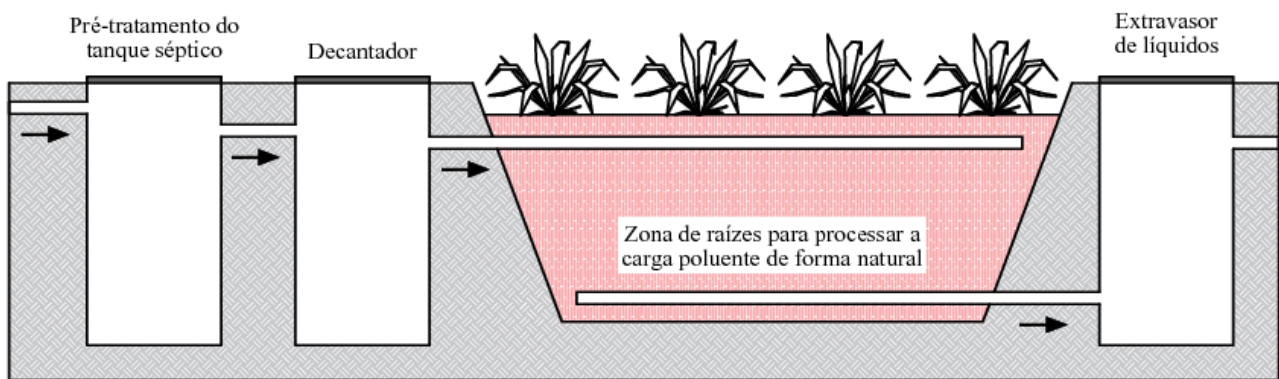
Figura 01 – Esquema de reuso das águas cinzas



Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005, p. 51)

Para as águas negras, o tratamento ideal é considerado através da coleta e transferência dos efluentes, mediante rede coletora para uma Estação de Tratamento de Esgotos – ETE coletiva operada pela concessionária de saneamento da localidade. Em modelos alternativos de saneamento são viáveis a adoção de ETEs compactas ou sistemas de tratamento individual de esgoto (tanque séptico, filtro anaeróbico, clorador e dispositivo de destinação do efluente). Outro sistema interessante para o tratamento de efluentes na ausência de uma ETE consiste na utilização do método contendo a zona de raízes, formado por uma vala com solo e rochas de diversas granulometrias. Neste sistema o efluente passa por um tanque séptico e por um decantador, sendo o efluente encaminhado por um dreno para a vala filtrante contendo a zona de raízes que processa a carga poluidora, transformando-a em um material praticamente inofensivo ao ambiente, conforme indicado na figura 02. (SILVA, SOUZA, et al., 2010).

Figura 02 – Tratamento com zona de raízes



Fonte: Adaptado de Silva, Souza, et al. (2010, p. 6)

O atendimento à eficiência hídrica em um projeto de reformas visando a sustentabilidade, é, portanto, de fundamental importância haja vista a possibilidade de armazenamento e reutilização de águas pluviais e águas cinzas tratadas, reduzindo o consumo de água potável em pontos de utilização que não requerem o uso exclusivo deste recurso.

Aliado às formas alternativas de abastecimento, a troca dos aparelhos sanitários por modelos mais eficientes, com menores vazões de utilização e consequentemente menores perdas associadas, são metodologias complementares de forma a ampliar o leque de possibilidades em prol da eficiência hídrica.

3. METODOLOGIA

A partir da análise de padrões hidrológicos referente à precipitação (dados obtidos da literatura e bases de dados climatológicas), foi possível estimar o potencial de armazenamento de água pluvial para a edificação do Bloco CETAL, considerando a coleta na área compreendida pela cobertura do empreendimento. Destarte, foi possível estimar a redução do consumo hídrico devido à substituição dos atuais aparelhos sanitários por equipamentos mais eficientes do ponto de vista hidráulico.

Adicionalmente foi proposto um organograma esquemático e orientativo para o futuro redimensionamento do projeto hidrossanitário, visando atender ao critério de eficiência hídrica em uma futura intervenção de reforma no Bloco CETAL da Universidade do Sul de Santa Catarina.

3.1. Parâmetros hidrológicos

Na cidade de Tubarão, a precipitação média anual é de 1.493 centímetros cúbicos. A umidade média relativa do ar na região é de 83,59%, em função da presença de lagos e do rio que corta a cidade. (PMT, 2014).

A curva IDF, que relaciona intensidade, duração e frequência das precipitações para um determinado tempo de ocorrência, para a cidade de Tubarão/SC, de acordo com CPRM (2016), pode ser expresso por meio de duas equações.

Para chuvas entre 5 minutos e 2 horas de duração, a intensidade da precipitação é definida de acordo com a expressão da equação 2:

$$i = \frac{19027,8 T^{0,2048}}{(t + 50,6)^{1,3363}} \quad (2)$$

Sendo:

i = intensidade da chuva (mm/h),

T = tempo de retorno (anos),

t = duração da precipitação (minutos).

Para chuvas com precipitação compreendida no intervalo de 2 horas e 24 horas, a curva IDF (intensidade-duração-frequência) ajustada é obtida a partir da equação 3:

$$i = \frac{595,5 T^{0,2041}}{t^{0,7103}} \quad (3)$$

Sendo:

i = intensidade da chuva (mm/h),

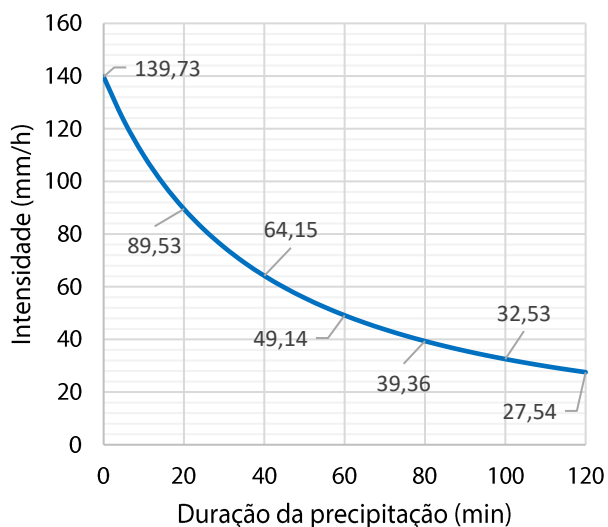
T = tempo de retorno (anos),

t = duração da precipitação (minutos).

Considerando que a captação pluvial ocorre nos primeiros minutos das precipitações, a equação mais adequada para o dimensionamento dos sistemas pluviais é aquela cuja curva IDF compreende as duas horas iniciais do período de chuva, considerando o tempo de retorno adotado de 5 anos. O gráfico 01 apresenta as informações de intensidade, duração e frequência da precipitação para o período de retorno selecionado na região de Tubarão/SC, com base na curva IDF característica.

Conforme pode ser visualizado na área de plotagem do gráfico, quanto maior o tempo da precipitação, menor a intensidade pluviométrica. Considerando o tempo de concentração para a área de telhado em 2,5 minutos (método de Picking), estima-se a intensidade pluviométrica em 131,01mm/h.

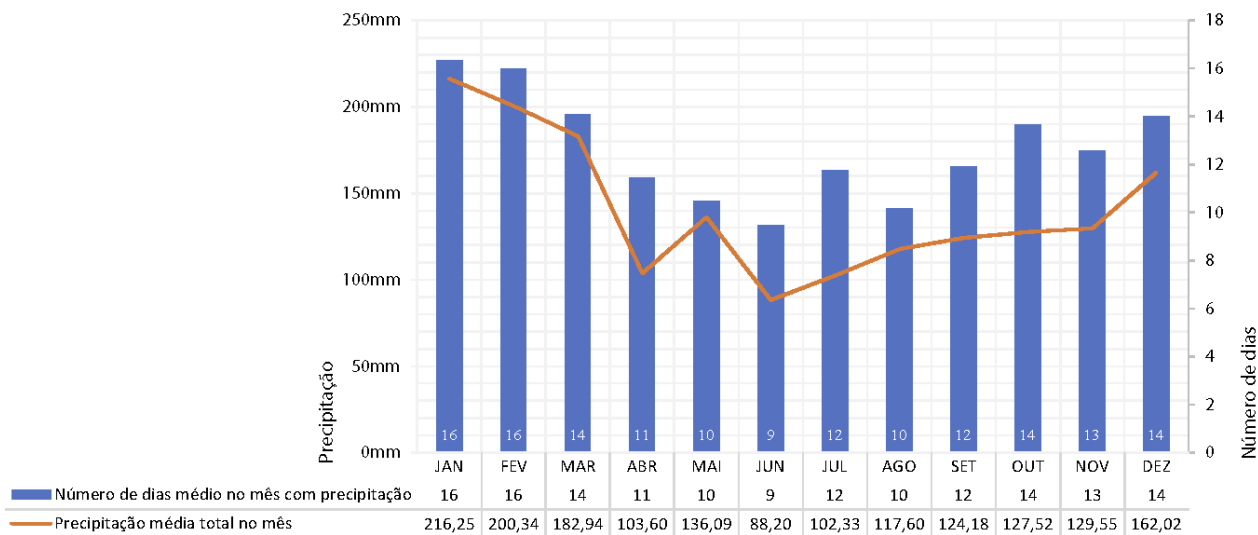
Gráfico 01 – Curva IDF para a cidade de Tubarão considerando o tempo de retorno de 5 anos



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Considerando-se as séries históricas, a curva de precipitação média mensal pode ser sintetizada conforme gráfico 02.

Gráfico 02 – Série de precipitação média mensal para a região de Tubarão/SC



Fonte: Gráfico elaborado e tratado estatisticamente pelos autores a partir de informações do INMET (2018).

OBS.: Dados mensais médios com base no período de abril de 1980 e julho de 2017, obtidos a partir da estação meteorológica 83923 do INMET.

3.2. Cálculo pluvial

A partir das informações coletadas nos parâmetros hidrológicos, a análise pelos métodos de Rippl e simulação previstos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) podem ser empregados para analisar e prever reservatórios, conforme apresentado nas tabelas 01 e 02 descritas na sequência.

Para a precipitação, em ambas as análises foi considerado a série histórica corrigida com os valores

mensais do gráfico 02. No campo demanda mensal, a estimativa foi realizada considerando a população estimada (2502 pessoas (estimadas a partir da literatura de hidráulica predial e área construída da reforma) x 50 litros/dia por pessoa x 24 dias afinal a edificação não funciona aos domingos). A área de captação do telhado medida em projeto equivale a 5355,40m². O coeficiente de *run off* para telhados verdes (previsto no projeto de reforma) foi fixado em 0,3 de acordo com Vieira, Silva Jr. e Ribeiro (2015).

Tabela 01 – Análise pelo método Rippl

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada (m ³)	Situação do reservatório
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	216,25	3002,40	5355,40	347	2655,40	2655,40	D
Fevereiro	200,34	3002,40	5355,40	322	2680,40	5335,80	D
Março	182,94	3002,40	5355,40	294	2708,40	8044,20	D
Abril	103,60	3002,40	5355,40	166	2836,40	10880,60	D
Mai	136,09	3002,40	5355,40	219	2783,40	13664,00	D
Junho	88,20	3002,40	5355,40	142	2860,40	16524,40	D
Julho	102,33	3002,40	5355,40	164	2838,40	19362,80	D
Agosto	117,60	3002,40	5355,40	189	2813,40	22176,20	D
Setembro	124,18	3002,40	5355,40	200	2802,40	24978,60	D
Outubro	127,52	3002,40	5355,40	205	2797,40	27776,00	D
Novembro	129,55	3002,40	5355,40	208	2794,40	30570,40	D
Dezembro	162,02	3002,40	5355,40	260	2742,40	33312,80	D
Total	1690,64	36028,80	5355,40	2716	Volume:	33312,80	D

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

OBS.: A simbologia “D” indica que o nível do reservatório está descendo, “E” está extravasando e “S” subindo.

De acordo com método Rippl para a demanda estimada, a capacidade pluviométrica de reabastecimento da edificação corresponde a 7,538% do consumo médio mensal estimado após a execução da reforma.

Tabela 02 – Análise pelo método de simulação

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10
Jan.	216,25	3002,40	5355,4	347	15	0	15	0	2655,4
Fev.	200,34	3002,40	5355,4	322	15	15	-2665,4	0	2665,4
Mar.	182,94	3002,40	5355,4	294	15	0	-2708,4	0	2708,4
Abr.	103,60	3002,40	5355,4	166	15	0	-2836,4	0	2836,4
Mai.	136,09	3002,40	5355,4	219	15	0	-2783,4	0	2783,4
Jun.	88,20	3002,40	5355,4	142	15	0	-2860,4	0	2860,4
Jul.	102,33	3002,40	5355,4	164	15	0	-2838,4	0	2838,4
Ago.	117,60	3002,40	5355,4	189	15	0	-2813,4	0	2813,4
Set.	124,18	3002,40	5355,4	200	15	0	-2802,4	0	2802,4
Out.	127,52	3002,40	5355,4	205	15	0	-2797,4	0	2797,4
Nov.	129,55	3002,40	5355,4	208	15	0	-2794,4	0	2794,4
Dez.	162,02	3002,40	5355,4	260	15	0	-2742,4	0	2742,4
Total	1690,65	36028,8	5355,4	2716	15	0	-	0	33297,8

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

De acordo com método da simulação para a demanda estimada, a capacidade pluviométrica de reabastecimento da edificação corresponde a 8,157% do consumo médio mensal estimado após a execução da reforma.

Conforme pode ser verificado nas simulações, apesar de não abranger 100% do consumo mensal, a reutilização de água pluvial colabora em grande parte do abastecimento, podendo ser utilizado em sanitários e rega de plantas.

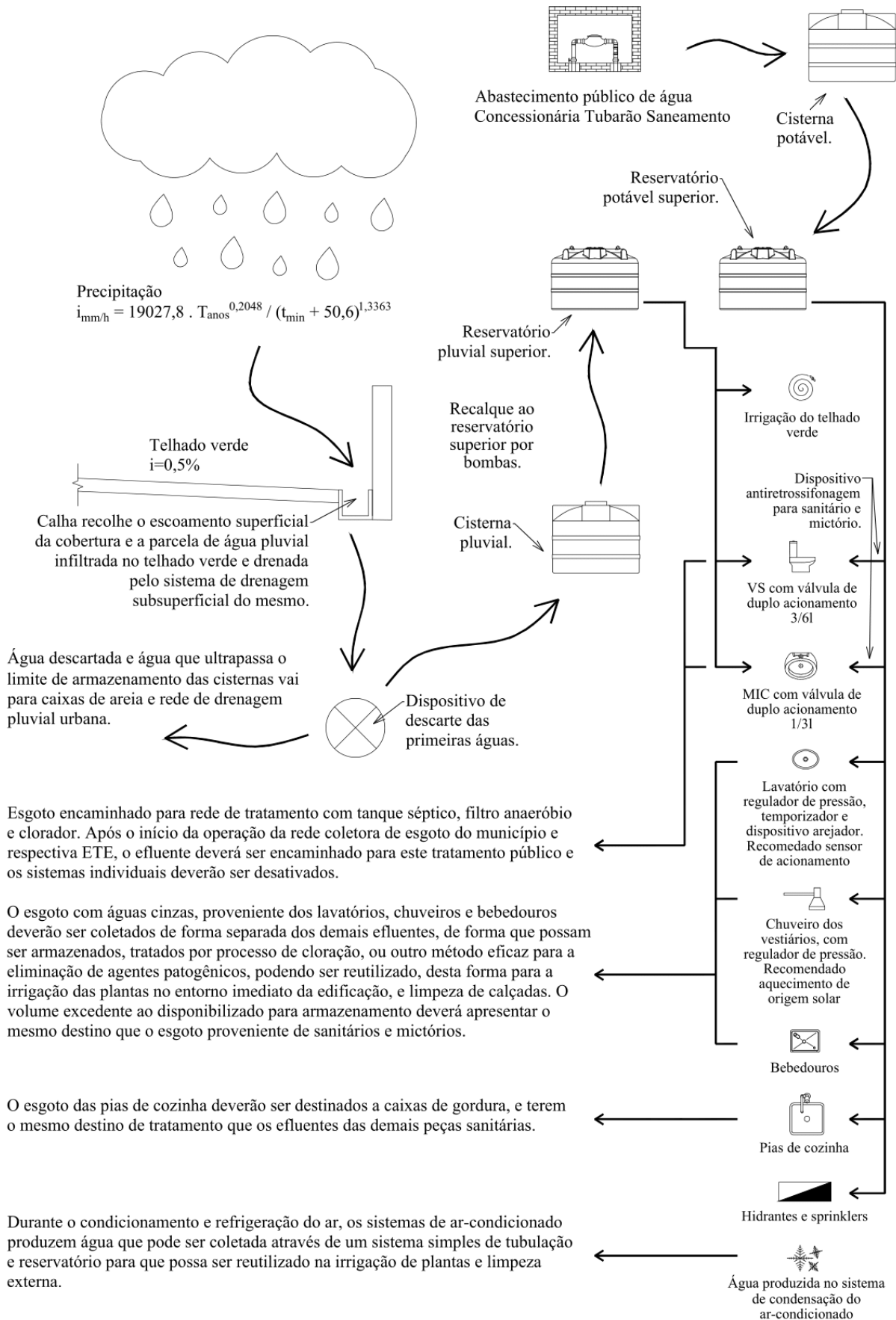
Nas simulações apresentadas o coeficiente de *run off* foi utilizado considerando telhados verdes. A adoção do telhado verde na edificação foi previsto visando obter um bom desempenho térmico e acústico das lajes de cobertura de forma mais sustentável e eficiente. Caso fosse adotado um método alternativo de conforto ambiental para lajes

(camada de lã de PET, por exemplo) e as lajes fossem impermeabilizadas com um coeficiente de *run off* de 0,95, a capacidade pluviométrica de reabastecimento da edificação triplicaria (3,16 vezes mais volume disponível para armazenamento).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como ponto de partida da proposta e diretrizes futuras para o redimensionamento do projeto hidrossanitário durante a reforma proposta para a edificação do Bloco CETAL, foram sugeridos critérios básicos para obtenção da eficiência hídrica no empreendimento, conforme descrito e esquematizado no organograma esquemático da figura 03.

Figura 03 – Organograma de eficiência hídrica para a edificação



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Em relação aos equipamentos sanitários, a figura 04 ilustra alguns aparelhos sanitários e acessórios sugeridos para a implementação na proposta de intervenção da edificação, visando a eficiência

hídrica. As imagens apresentadas são meramente ilustrativas, a descrição em maiores detalhes quanto aos parâmetros propostos, estão apresentados nas alíneas da sequência.

Figura 04 – Aparelhos sanitários visando a eficiência hídrica



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

- a) **Torneira para o lavatório:** deve contar com arejador; deve limitar a vazão/pressão a no máximo 8 litros/minuto (ou vazões menores); deve desligar automaticamente após 15 segundos; preferencialmente deverá ser dotada de sensor para acionamento; a manutenção deverá ser periódica para evitar perdas por vazamentos.
- b) **Torneira para copa/cozinha:** deve contar com arejador; deve limitar a vazão/pressão; preferencialmente deverá ser dotada de sensor para acionamento; a manutenção deverá ser periódica para evitar perdas por vazamentos.
- c) **Mictório:** deverá ser dotado de válvula de duplo acionamento, com 1 e 3 litros; há atualmente o sistema de mictório com lavatório embutido, em que a água usada para lavar as mãos no uso anterior do lavatório se torna recurso automático para descarga durante o próximo uso.
- d) **Vaso sanitário:** deverá ser dotado de válvula de duplo acionamento, com 3 e 6 litros; recomenda-se o uso de vaso sanitário com caixa acoplada, em razão da economia proporcionada por este sistema; há atualmente a disponibilidade de vasos sanitários ecológicos, fabricados em ABS e que necessitam apenas de 2 litros por descarga em função da troca do clássico sifão

por sistema basculante, com tubulação reta que quando aberta no momento da descarga permite despejar os dejetos diretamente na prumada de esgoto com o mínimo de água. Este produto, no entanto, necessita de verificação quanto ao atendimento pelo projeto hidrossanitário, por poder apresentar possíveis incompatibilidades em pavimentos térreos de banheiros públicos, devido ao seu modo de funcionamento.

- e) **Secador para as mãos:** os banheiros deverão contar com dispositivo que permita secar as mãos com auxílio de ar aquecido, reduzindo o consumo de papel, no entanto, deverá ainda existir a disponibilidade de papel toalha para usos diversos, como secar óculos, por exemplo; deverá ser analisado a possibilidade de reciclagem deste material em outros usos; o número mínimo de secador automático/elétrico para as mãos deverá ser de pelo menos 75% da disponibilidade de lavatórios; o secador deverá ser ativado por sensor e desativar automaticamente após tempo determinado.
- f) **Saboneteiras:** as saboneteiras deverão espumar o sabonete líquido no acionamento, de forma a promover economia na liberação do volume e garantir a eficiência de higienização.

Com as propostas sugeridas, a economia hídrica pode ser estimada conforme análise do quadro 04.

Quadro 04 – Conjunto de análise da economia hídrica em situação de uso projetada

Consumo estimado com a utilização dos equipamentos sanitários atuais (Eref)							
Dispositivo	Vazão		Tempo de uso		Frequência de utilização diária	Necessidade diária	
Vaso sanitário	6,8	litros	1	descarga	2000	13600	litros
Mictório	3	litros	1	descarga	1052	3156	litros
Lavatório	10	l/min	0,25	minutos	2400	6000	litros
Total diário estimado						22756	litros

Consumo estimado com a utilização de equipamentos mais econômicos (E)							
Dispositivo	Vazão		Tempo de uso		Frequência de utilização diária	Necessidade diária	
Vaso sanitário	3,75	litros	1	descarga	2000	7500	litros
Mictório	2	litros	1	descarga	1052	2104	litros
Lavatório	8	l/min	0,25	minutos	2400	4800	litros
Total diário estimado						14404	litros

Redução de consumo:	36,70%		
Custo unitário da água:	R\$ 7,39	por m ³ , conforme AGR (Decreto 4244/2018)	
Economia financeira:	R\$ 61,75	por dia	
Economia mensal:	R\$ 1.358,42	considerando 5,5 dias úteis (em função dos sábados)	

OBS.: Para o vaso sanitário foi considerado uma vazão média de 3,75 litros por descarga, equivalente a uma descarga 3l/6l, dado maior número de utilização de descargas 3l em razão da utilização de 6l. Para mictórios considerou a utilização de modelos com descarga 1l/3l, produzindo uma vazão média de 2l litros por descarga. Para as torneiras de lavatório considerou-se a utilização de redutores de pressão e arejadores de forma que a vazão disponível ao ponto de uso seja de no máximo 8 litros/min.

Economia adicional pela utilização de água pluvial tratada nos vasos sanitários:	52,07%
Economia financeira adicional pela utilização de água pluvial tratada nos vasos sanitários:	R\$ 55,45
Economia mensal adicional pela utilização de água pluvial tratada nos vasos sanitários:	R\$ 1.219,85
Economia total mensal pela união das soluções apresentadas:	R\$ 2.578,26

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Como sugestões gerais referentes à política do empreendimento quanto à eficiência hídrica, portanto, pode-se elencar e sintetizar como sendo:

- Reutilização de águas pluviais:** as águas pluviais devem ser coletadas e armazenadas para usos não potáveis. Não havendo a disponibilidade para cisterna elevada, deverá ocorrer o armazenamento em

cisterna enterrada. A água pluvial poderá ser utilizada (após tratamento) para uso em bacias sanitárias. No sistema de coleta pluvial, deverá ser previsto o descarte inicial das primeiras águas, gradeamento para tratamento físico e remoção de impurezas, bem como tratamento químico, tal como cloração ou processo de similar eficácia. A

água pluvial também poderá ser utilizada para irrigação do telhado verde (solução adotada na proposta de reforma da edificação). A água reutilizada em sanitários proveniente da coleta pluvial, eventualmente necessitará receber contribuição de água potável, em razão do volume de uso. Desta forma, não poderá haver contaminação da água potável, devendo os dois sistemas serem independentes por meio da distribuição separada e utilização de válvulas antiretrossifonagem ou método mais eficaz.

- b) **Reutilização de águas cinzas:** as águas cinzas (provenientes de lavatórios, bebedouros e chuveiros), poderão ser coletadas por sistema de esgoto separador absoluto das bacias sanitárias e mictórios, e serem encaminhadas para dispositivo com tratamento químico do efluente. Após o tratamento, a água não potável poderá ser armazenada e utilizada para irrigação da vegetação do empreendimento. Em toda tubulação e ponto de uso com água não potável deverá haver placa indicativa desta condição.
- c) **Redução do desperdício hidráulico:** da mesma forma, a conscientização dos usuários é de suma importância. Nos ambientes sanitários a possibilidade de válvula com duplo acionamento de vazão (3l/6l) para descargas nos sanitários e mictórios (1l/3l) contribuem no sentido da economia, bem como a adoção de torneiras para os lavatórios com sensor de presença e/ou temporizador para desligamento. O uso de dispositivos arejadores, bem como redução da pressão disponível ao ponto de uso contribuirá na economia hídrica, haja vista que será disponibilizada uma menor vazão ao ponto de uso, sendo a sensação percebida pelo usuário como se a torneira possuísse pressões elevadas. A vazão das torneiras deverá ser limitada a 8l/min.

5. CONCLUSÃO

Percebe-se a importância que a eficiência hídrica apresenta atualmente quando se discute os critérios de edificações sustentáveis. Mesmo em construções existentes, a adoção de meios alternativos de fonte de abastecimento não potável, como coleta de águas pluviais e águas cinzas tratadas, são práticas louváveis, principalmente quando aliadas ao uso de equipamentos hidráulicos mais eficientes, que consomem menor volume de água quando utilizados, e reduzem as perdas hídricas de consumo durante o processo.

Além de contribuir para com o meio ambiente, a reutilização de recursos hídricos em finalidades não potáveis contribui também para a redução dos custos com abastecimento de água, gerando economia financeira adicional à edificação e melhora no *status* ambiental da instituição.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15.527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 8. 2007.

ABNT. **NBR 15.575-1 - Edificações habitacionais - Desempenho - Requisitos gerais.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 71. 2013.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações.** Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 165. 2005. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf. Acesso em: 25 abr. 2018.

BONI, S. D. S. N. **Gestão de água em edificações: formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 258. 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/257704>. Acesso em: 24 mar. 2018.

CAVALCANTE, M.; MACHADO, L. C. G. T.; LIMA, A. M. M. Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas. **Ambiente &**

Água, Taubaté, v. 8, n. 3, p. 191-202, set.-dez. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000300016&lang=en. Acesso em: 01 maio 2018.

CPRM. **Atlas Pluviométrico do Brasil**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Goiânia, p. 12. 2016. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17523/idf_tubarao_sc_suscet.pdf?sequence=1. Acesso em: 12 abr. 2018.

GUERRA, B. B. Uso da água como fonte renovável em edificações. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 5, n. 2, p. 4-9, jul.-dez. 2016. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/550>. Acesso em: 20 mar. 2018.

INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 21 abr. 2018.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. 1. ed. São Paulo: Páginas & Letras, v. 1, 2010. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa>. Acesso em: 29 abr. 2018.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2010. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/book/s/9788577807338>. Acesso em: 12 abr. 2018.

OLIVEIRA, D. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. Aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista gestão e desenvolvimento em contexto- GEDECON**, Cruz Alta, v. 2, n. Especial - IV Fórum de Sustentabilidade, p. 1-15, maio 2014. Disponível em: <http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/view/1933/497>. Acesso em: 06 maio 2018.

PMT. Aspectos físicos. **Prefeitura Municipal de Tubarão**, 2014. Disponível em: <http://www.tubarao.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/22162>. Acesso em: 12 abr. 2018.

RIBEIRO, J. M. P. **Um plano de ação para a promoção da sustentabilidade em uma instituição de ensino superior por meio de green campus: um estudo de caso da unidade UNISUL Pedra Branca**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, p. 175. 2017. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/handle/12345/3377>. Acesso em: 29 mar. 2018.

SILVA, W. M. et al. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/avaliacao%20da%20reutilizacao.pdf>. Acesso em: 11 maio 2018.

VIEIRA, Zacarias Caetano; SILVA JUNIOR, Carlos Gomes da; RIBEIRO, Silvana Nóbrega. Uso de telhados verdes em edificações de Aracaju para redução do escoamento superficial. **2º Congresso Internacional RESAG**, Aracaju – SE. 2015. Disponível em: http://www.resag.org.br/congressoresag2015/ais/img/pdfs/poster_66.pdf. Acesso em: 09 abr. 2019.

Agradecimentos

Agradecemos a Deus e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a produção deste artigo e da monografia original.

Nota

Artigo com conteúdo parcial do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelos acadêmicos João Vitório Dagostin e Joelma dos Santos, sob orientação da Professora Fernanda de Oliveira Dozol Lopes, para obtenção do título de Engenheiro Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina em 29 de novembro de 2018.

Monografia completa publicada em riuni.unisul.br/handle/12345/6058

APÊNDICE – IMAGENS RENDERIZADAS DO PROJETO DE REFORMAS PROPOSTO



Fonte: Elaboração dos autores (2018).