

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
VICTOR AUGUSTO DO NASCIMENTO PESTANA

**ESTUDO DE REDUÇÃO DE DESPESAS MENSAS DE ÁGUA E ENERGIA POR
MEIO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS DA ESCOLA MUNICIPAL ODILA DE
SOUZA TEIXEIRA DA CIDADE DE ASSIS CHATEAUBRIAND-PR**

CASCATEL - PR
2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
VICTOR AUGUSTO DO NASCIMENTO PESTANA

**ESTUDO DE REDUÇÃO DE DESPESAS MENSAIS DE ÁGUA E ENERGIA POR
MEIO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS DA ESCOLA MUNICIPAL ODILA DE
SOUZA TEIXEIRA DA CIDADE DE ASSIS CHATEAUBRIAND-PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professora Orientadora: Arq. e Urb. Mestre
Janaina Bedin**

CASCADEL - PR
2017

RESUMO

Com o decorrer da humanidade, a história sempre mostrou a capacidade do ser humano de passar por situações diversas, as quais fizeram-no pensar em alternativas e em inovações referentes ao aproveitamento de recursos naturais para meios de consumo e de sobrevivência. A captação de águas pluviais para consumo não potável e o aproveitamento de energia solar proporcionam economia em um ramo que está cada vez maior no setor construtivo, que é o da sustentabilidade. Este trabalho, então, aborda um estudo de redução de despesas mensais por meio de medidas sustentáveis na Escola Municipal Odila de Souza Teixeira, na cidade de Assis Chateaubriand-PR, onde foi dimensionado um sistema de captação pluvial com o auxílio de medição e de elaboração do projeto, além de painéis fotovoltaicos para geração de energia, comparando os resultados baseado nas tarifas cobradas pelas concessionárias em um intervalo de doze meses. Tal estudo chegou a uma estimativa de redução, levando em consideração água e energia, de R\$ 2288,70, tal economia poderia ser direcionada a outras despesas pontuais que seriam mais benéficas à educação das crianças. Devido ao alto consumo e aos gastos com água e energia, além da crise recorrente no País estar se agravando, este estudo buscou servir de modelo para redução de despesas no setor público o qual sempre encontra resistência e dificuldades no âmbito sustentável por partes de autoridades.

Palavras-chave: Economia, Sustentabilidade, Aproveitamento.

DEDICATÓRIA

Dedico este presente trabalho a toda minha família, em especial, à Maria Filomena Martins Pestana Vicente Reis (*in memoriam*) e à Maria da Conceição Martins Pestana (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus, por guiar meus passos até este momento e por me dar sabedoria, discernimento e principalmente força em todos os momentos difíceis que passei paralelo à faculdade.

Ao meu Pai Vitor Fernando Martins Pestana, que me incentivou a cursar Engenharia e por ser uma referência de ser humano; e principalmente à minha mãe Vera Lucia do Nascimento, quem me deu o afago e o amparo nas vezes que pensei em desistir dessa batalha.

Aos meus irmãos Eduardo Henrique do Nascimento Pestana e Manoela Maria do Nascimento Pestana, que me deram duas preciosidades, meus sobrinhos Vinicius e Samuel. Meus irmãos, que desde pequeno, me ensinaram uns dos princípios mais importantes da minha vida, o amor e a partilha.

Aos meus avós paternos: Maria da Conceição, que desde o começo da minha faculdade me ajudava financeiramente com uma parte da sua aposentadoria e que infelizmente não está mais entre nós, mas que me deixou todo um aprendizado de amor e carinho; Fernando Antonio, que me ajudou com a mensalidade da faculdade e é junto ao meu pai o homem que mais admiro nesse mundo, e que traço meu caminho seguindo seus passos, tentando ser seu reflexo.

Aos meus avós maternos: Francisca, que hoje se encontra com Alzheimer, aos meus cuidados e da minha mãe, mas que a lembrarei pelo resto de sua vida que sou teu neto e que a amo muito; Jair, com sua calma e bondade que lavarei sempre comigo.

À minha segunda mãe, minha tia Maria Filomena, que lutou 14 anos contra um câncer devastador e que no dia do seu falecimento me deixou o maior ensinamento da minha vida, com muita dor e nos instantes finais olhou para mim e sorriu como sempre fez, me mostrando que independentemente da situação sorrir, ser feliz e aproveitar com muita intensidade cada segundo da minha vida. As lágrimas de pranto são apenas de saudade.

À minha orientadora Janaína Bedin, pelos ensinamentos representando todos os professores que passaram pela minha formação desde o ensino básico ao superior.

Ao restante da minha família e aos meus amigos, os quais também considero família, que também me deram força nessa jornada.

E por fim, à Ana Paula Rodrigues Avello, a mulher da minha vida, que está comigo desde a infância, passando comigo todos os momentos difíceis, minha futura esposa e mãe dos meus filhos. E à sua família, seus pais Dauton, Regiane, Camila e Dauton Filho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa com a localização do colégio.....	28
Figura 2	Gráfico climático de Assis Chateaubriand.....	29
Figura 3	Influência do vento na inclinação da chuva.....	30
Figura 4	Método de cálculo para superfície inclinada.....	30
Figura 5	Capacidades de calhas semicirculares	31
Figura 6	Ábaco para a determinação de diâmetro de condutos verticais.....	32
Figura 7	Capacidade de condutores horizontais de seção circular.....	33
Figura 8	Índice Solarimétrico da região da edificação.....	34
Figura 9	Fatura de Energia fornecida pela concessionária.....	45

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Intensidade Pluviométrica.....	29
Equação 2: Vazão de Projeto.....	30
Equação 3: Dimensionamento dos Condutores.....	31
Equação 4: Média Diária do Consumo de Energia.....	33
Equação 5: Quantidade de Placas.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Determinação das áreas de contribuição e vazão de projeto.....	36
Tabela 2	Vazão de Projeto.....	38
Tabela 3	Dimensionamento dos Condutores.....	40
Tabela 4	Média Diária do Consumo de Energia.....	42
Tabela 5	Quantidade de Placas.....	47
Tabela 6	Dimensionamento dos Condutores.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito

DNI – Irradiação Normal Direta

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GHI – Irradiação Global Horizontal

h – Hora

kWh – Quilowatt-hora

L – Litro(s)

m² – Metro(s) Quadrado(s)

mm – Milímetros

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PPP – Projeto Político Pedagógico

PR – Paraná

SC – Santa Catarina

CI – Caixa de Inspeção

CAR – Caixa de Areia

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	10
1.1 INTRODUÇÃO.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo geral.....	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	12
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	12
CAPÍTULO 2.....	13
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1.1 Sustentabilidade na Construção Civil.....	13
2.1.2 Sustentabilidade nas Escolas.....	16
2.1.3 Captação e Armazenamento de Águas Pluviais.....	18
2.1.4 Aplicação de energia.....	20
2.1.5 Aproveitamento de Água Pluvial para Consumo não Potável em edificações.....	23
CAPÍTULO 3.....	27
3.1 METODOLOGIA.....	27
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	27
3.1.2 Caracterização da amostra.....	27
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados.....	28
3.1.4 Dimensionamento do sistema de captação pluvial.....	28
3.1.5 Dimensionamento do sistema de painel fotovoltaico.....	33
CAPÍTULO 4.....	36
4.1 RESULTADOS ESPERADOS.....	36
4.1.1 Dimensionamento do sistema de captação pluvial.....	36
4.1.2 Dimensionamento do sistema de painel fotovoltaico.....	44
4.1.3 Estimativa de redução de custos.....	46
CAPÍTULO 5.....	49
5.1 CRONOGRAMA DA PESQUISA.....	49
CAPÍTULO 6.....	50
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A - DIVISÃO DAS ÁGUAS DE TELHADO E CALHAS.....	54
APÊNDICE B – PROJETO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS.....	55

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, o ser humano sempre procurou uma maneira de captar os recursos naturais para serem utilizados tanto como fonte de sobrevivência como de melhorias no dia a dia, recursos esses capazes de proporcionar qualidade de vida para a população de modo geral.

Essa busca intrínseca ao ser humano também é notada no meio social mais próximo. A região na qual a cidade de Assis Chateaubriand está localizada, por exemplo, por sua característica demográfica, possui uma oferta grande de recursos ao longo do ano, suficientes para a demanda populacional usufruir do consumo de água e de energia sem que haja preocupação com escassez a curto prazo; porém, já que esses recursos são abundantes, é mister se esforçar para aproveitá-los da melhor maneira possível.

Partindo dessa premissa de aproveitamento com o que é oferecido, o presente trabalho irá estudar a redução de despesas mensais com medidas sustentáveis de implantação de painéis fotovoltaicos para transformar a energia solar consumível por estabelecimentos. Esses painéis têm ganhando força no mercado brasileiro pelo custo benefício que oferecem ao consumidor. Além disso, o estudo também abordará a economia quanto ao consumo de água, que poderá ser captada e armazenada em cisternas.

Aproximadamente 70% da água doce está nas calotas polares e 30% está presente nos continentes. No entanto, menos de 1% da água dos continentes está diretamente acessível ao uso humano, o que corresponde a 0,007% do total de água na terra. Ademais, grande parte da água disponível em fontes superficiais encontra-se com sua qualidade deteriorada (HAGEMANN, 2009).

Segundo Ribeiro (2008), o estudo da viabilidade de implantação da energia solar é de extrema importância nos tempos atuais devido à necessidade de utilização de novas fontes de energia renováveis, pois elas são, atualmente, em sua maioria, não renováveis, contribuindo expressivamente para uma futura degradação ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar a redução de despesas mensais de água e de energia por meio de medidas sustentáveis com a implantação de captação de água pluvial e de painel fotovoltaico em uma Escola Municipal.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar o histórico de consumo mensal com água e energia;
- Dimensionar o sistema de captação de água;
- Mensurar o sistema de painéis fotovoltaicos;
- Estimar a redução de custos de água e energia com a implantação dos sistemas, considerando as atuais tarifas cobradas pelas respectivas concessionárias.

1.3 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema leva em consideração a responsabilidade profissional que o Engenheiro Civil possui perante à sociedade, não somente com a profissão em si, mas também com o âmbito social, apresentando alternativas para que um bem-estar comum seja alcançado.

Cada vez mais, o assunto sustentabilidade assume o posto de protagonista no planeta, o qual possui diversas vertentes que podem trazer a utilização, bem como a reutilização dos recursos naturais, gerando economia a quem nesse ramo investe.

Segundo Hespanhol (2000 apud MIELI,2001), um dos pilares do uso eficiente da água é o combate incessante às perdas e aos desperdícios. No caso do Brasil, a média de perdas nos sistemas de abastecimento é de 40%.

Effting (2007) afirma que a educação ambiental ajuda a fazer e a compreender claramente a existência da interdependência econômica, social, política e ecológica nas zonas urbanas e rurais. Além do mais, proporciona a todas as pessoas a possibilidade de adquirir os conhecimentos, o sentido dos valores, o interesse ativo e as atitudes necessárias para proteger e melhorar o meio ambiente. Ainda, a educação ambiental induz novas formas de conduta a respeito do meio ambiente nos indivíduos, nos grupos sociais e na sociedade como um todo.

É pensando no aspecto socioeconômico que este trabalho estudará alternativas para apresentar à sociedade, representada pela instituição escola, economias que possam ser aplicadas em benefício dos alunos ou em qualquer outro destino que abrange a responsabilidade do poder municipal.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual o benefício da implantação de painéis fotovoltaicos e cisternas de captação de águas pluviais em uma escola municipal?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Os sistemas de reuso de energia e água começam a ser difundidos nos projetos, ao longo das últimas décadas, pois, além de apresentarem benefícios ambientais, também reduzem o custo quanto à tarifa de consumo de energia e de água.

Espera-se que o estudo apresente viabilidade financeira para a escola municipal, colaborando com a redução nas despesas de energia e de água, possibilitando, portanto, a aplicação dessa economia em outras necessidades da instituição.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada ao estudo da implantação de painéis fotovoltaicos e de cisternas para captação de águas pluviais na Escola Municipal Odila de Souza Teixeira, localizado na Rua Brasília, 221, no centro da cidade de Assis Chateaubriand-PR, onde serão dimensionados os sistemas e verificados os possíveis benefícios.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Sustentabilidade na Construção Civil

Inegavelmente, dentre principais temas que na contemporaneidade tem permeado vários campos da atividade humana, a sustentabilidade, sem dúvida, é um dos tópicos que tem recebido muita ênfase, com relevância na mídia. Tal difusão temática contribui para que se definam prioridades de agenda de políticas públicas, uma vez que a sustentabilidade está diretamente atrelada à continuidade da qualidade de vida humana e de aspectos que condicionam o desenvolvimento sustentável (DIAS, 2015).

A sustentabilidade, de acordo com entendimento de Almeida (2015), é a capacidade de se sustentar, de se manter. Uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre. Em linhas gerais, é quando há a exploração de um recurso natural de forma sustentável, que durará para sempre, não se esgotará nunca (FREITAS; GIATTI, 2011). Uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em risco os elementos do meio ambiente, ou seja, é aquela que impõe na sociedade medidas preventivas de perpetuação máxima dos recursos, repercutindo profundamente sobre sua continuidade.

O desenvolvimento sustentável é, segundo posicionamento de Almeida (2009), aquele que melhora a qualidade da vida do homem na Terra, ao mesmo tempo que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos.

O conceito atual de desenvolvimento sustentável, que foi expresso na Cúpula Mundial em 2002, envolve a definição mais concreta do objetivo de desenvolvimento atual (a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes) e, ainda, distingue o fator que limita tal desenvolvimento e pode prejudicar as gerações futuras (o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra), segundo constatações dos estudos de Dias (2011).

Os acidentes ambientais ocorridos e o crescente desequilíbrio social têm imposto às organizações contemporâneas e a toda a sociedade a necessidade de se atualizarem frente a esse contexto, assumindo uma postura consciente de um completo comprometimento com a responsabilidade socioambiental. É possível evidenciar, nesse sentido, movimentos cada vez mais significativos de organizações, de instituições e entidades, independente do caráter

público ou privado, do porte ou nível de complexidade, no que tange à elaboração e à implementação de projetos, de programas e de ações estratégicas que pressuponham a relevância da sustentabilidade e seus pressupostos conceituais como mecanismos que extrapolem a simples ideia de vantagem competitiva, mas que fundamentem a relevância perante desafios da modernidade (FREITAS; GIATTI, 2011).

Atualmente, o papel das empresas tem grande importância para a construção de uma sociedade mais equilibrada e solidária, com consequente exploração consciente dos recursos naturais e produtivos, em função dos investimentos que podem ser priorizados em projetos ambientais e sociais (DIAS, 2011).

A gestão no âmbito das organizações com foco somente nos interesses dos acionistas revela-se insuficiente, ainda mais quando a sua produção e a sua função social se distanciam das práticas de sustentabilidade e de responsabilidade socioambiental. Diante disso, as estratégias organizacionais devem ser balizadas pelas necessidades e por expectativas de um conjunto maior de partes interessadas (ALMEIDA, 2015).

Dessa maneira, as metodologias e as abordagens existentes que contemplem a excelência na gestão passa, antes de qualquer coisa, pela qualidade nas relações e pela sustentabilidade nos negócios, isto é, é preciso promover a manutenção do equilíbrio nas dimensões econômica, social e ambiental. Naturalmente, assim como ocorre no contexto de diversos segmentos ou saberes, a sustentabilidade também assenta seus fundamentos na área de Construção Civil, ainda mais no que diz respeito à mobilidade urbana, aos dejetos sólidos provenientes das construções, dentre outros (TEIXEIRA; ARROYO, 2017).

No que se refere à Construção Civil, é extremamente recorrente uma assimilação facilitada desses conceitos e dos impactos que produzem na comunidade, uma vez que, entre outros fatores, o setor é responsável por aproximadamente 60% dos resíduos sólidos lançados nos perímetros das cidades brasileiras (CORRÊA, 2009), além dos desperdícios resultantes de seus processos de construção de edificações.

No cenário brasileiro, o segmento de Construção Civil apresenta um quadro de atraso quanto à responsabilidade socioambiental, apesar de algumas iniciativas serem incentivadas, o que se revela, dentre outros modelos, nos investimentos pouco expressivos na formação e qualificação de profissionais e na destinação inadequada dos resíduos sólidos (CORRÊA, 2009). Entretanto, há iniciativas de caráter mais recentes, que começam a surtir algum efeito, como as determinações do Ministério do Meio Ambiente: Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Esse setor precisa, para John (2001), assumir um compromisso mais abrangente com a sociedade e, ao mesmo tempo, com o meio ambiente. Para tanto, as construtoras devem construir empreendimentos buscando reduzir consideravelmente o impacto ambiental e social, além de promover o desenvolvimento da comunidade local (YEMAL; TEIXEIRA, 2010).

John (2001) expõe que as estratégias de “marketing ecológico” visam à melhoria da imagem da empresa por meio da criação de produtos “verdes” e de ações voltadas para a proteção ambiental. Muitas empresas têm demonstrado que é possível ganhar dinheiro e proteger o meio ambiente, com criatividade e condições internas que possam transformar as restrições e ameaças ambientais em oportunidades de negócios.

A avaliação do impacto ambiental é considerada um instrumento de política ambiental preventivo, pois pretende identificar, quantificar e minimizar consequências negativas sobre o meio ambiente antes que o empreendimento inicie suas atividades. Assim, são necessárias diretrizes públicas para que de fato isso aconteça. Nessa direção, o CONAMA, por meio de resoluções e outros documentos legais, estabelece diretrizes para a gestão ambiental no Brasil (CORRÊA, 2009).

No caso específico da Construção Civil, a Resolução nº 307 visa disciplinar a gestão de resíduos do setor, o que pode proporcionar benefícios de ordem econômica, com a sua reutilização ou reciclagem; de ordem social, como fonte de renda; de ordem educativa, com a diminuição da geração de resíduos; e de ordem ambiental, por meio da redução dos impactos ambientais por eles provocados.

A sustentabilidade no Brasil, inclusive de competência urbana, é uma questão que tem sido difundida e questionada em todos as áreas do conhecimento e da sociedade, ainda mais quando considera-se que, principalmente nos grandes centros urbanos, os desafios oriundos do crescimento populacional nas cidades podem ser observados e são noticiados dia após dia nos telejornais e em outros mecanismos de comunicação. Nesses espaços, que evidenciam um grande desnível social e a vulnerabilidade das camadas existentes, é praticamente complicado perceber a atuação efetiva das políticas públicas no que tange às questões de sustentabilidade (YEMAL; TEIXEIRA, 2010).

Assim, é de fundamental importância a discussão acerca da sustentabilidade no que se refere ao ambiente urbano. De acordo com Corrêa (2009) e Dias (2015), a sustentabilidade no âmbito dos centros populacionais (perímetro urbano) é definida como uma capacidade das políticas urbanas se adaptarem à oferta de serviços, à qualidade e à quantidade das demandas evocadas da sociedade, buscando estabelecer um equilíbrio entre as demandas de serviços

urbanos e os investimentos em infraestrutura, além de contemplar esses desafios que põem em risco a perpetuação do meio ambiente e do desenvolvimento sustentável.

Apesar disso, também é necessário para a sustentabilidade urbana as noções de uso melhorado dos recursos existentes no solo, uma interação maior entre o ambiente urbano e o clima da cidade juntamente com os recursos naturais, uma maior preocupação em deixar o mínimo de dejetos prejudiciais possíveis às gerações futuras.

Para isso, percebe-se que, para que isso ocorra, é mister que haja um movimento integrado e conjunto de todos os segmentos, orientando suas decisões e construção de mecanismos estratégicos que incentivem a participação da diversidade, da pluralidade existente e que promovam adequações nas ações e nos comportamentos das pessoas perante à imponência da sustentabilidade para a continuidade da existência humana. Naturalmente, esses movimentos, muitas vezes, ganham espaços distintos e, por meio da atuação de diversos atores sociais responsáveis por perpetuá-los no cenário, levam a sociedade a cada vez mais refletir sobre os atuais problemas e seus impactos (TEIXEIRA; ARROYO, 2017).

Esse movimento deve começar nos espaços escolares, em que o conhecimento é levado a todos os níveis e o senso de responsabilidade e de compromisso são evidentemente discutidos.

2.1.2 Sustentabilidade nas escolas

A educação ambiental nos ambientes escolares pode ser determinante para a redução dos problemas que, há bastante tempo, vêm sendo causados ao meio ambiente pela ação do homem. As crianças representam as futuras gerações em formação e, como estão em fase de desenvolvimento cognitivo, supõe-se que, nelas, a consciência ambiental possa ser internalizada e traduzida de forma mais promissora, já que ainda não possuem hábitos e comportamentos constituídos (LEGAN, 2007; TOMIO, 2016).

O desenvolvimento sustentável, ideal a ser alcançado por todos os países que discutem os problemas ambientais, surge a partir de uma mudança de costumes, que pode ser ensinada nas escolas. Nesse sentido, pesquisas têm mostrado que as ações educativas relacionadas ao ambiente natural apresentam ganhos cognitivos significativos, mudanças de valores e auxiliam na construção da consciência social e individual (LOUREIRO, 2014).

Os problemas e os entraves de ordem pedagógica colocados para a consolidação de sociedades sustentáveis passam pela reavaliação do papel que a educação assume na formação de agentes promotores dos paradigmas de relacionamento e de convivência social. Para Dias

(2013), é a partir da capacidade de aprender com o outro que uma sociedade se torna capaz de superar impasses e de promover hábitos e comportamentos sustentáveis.

Essas capacidades podem ser, evidentemente, fortalecidas a partir de contextos que evidenciam os ambientes educativos que estimulem jovens e crianças a assumirem práticas e comportamentos inspirados em valores como amizade, respeito, liberdade, paz e cooperação, justificando a mudança do conceito de educação ambiental para o que se convencionou chamar de “educação para a sustentabilidade” (FLEURI, 2014, p. 27).

O mais importante dessa mudança é a passagem de um conhecimento baseado em “conteúdos” para a compreensão do “contexto”. Essa transformação avança no sentido do que significa “aprender” e está diretamente ligada ao reconhecimento, por parte dos educadores, da necessidade de conectar as competências do saber (cognitivas), do sentir (emocional) e do fazer (habilidades). A tríade “saber-sentir-fazer”, não apenas ajuda em uma melhor compreensão da relação entre sociedade e ambiente natural, mas também auxilia no autoconhecimento e no entendimento das comunidades nas quais se vive e trabalha (YOUNG, 1992).

Uma escola sustentável, para Young (1992), não está ligada à questão ambiental, uma vez que abrange também as questões de ordem sociais, econômicas, cultural e espiritual. Para ser sustentável, a escola precisa ser segura, inclusiva e permitir acessibilidade e mobilidade para todos, respeitar os direitos humanos, precisa ter qualidade de vida, promovendo a saúde das pessoas e do ambiente e a diversidade biológica, social, cultural, etnoracial e de gênero. Além do mais, uma escola sustentável também:

- Favorece o exercício de participação e o compartilhamento de responsabilidades.
- Promove uma educação integral (BRASIL, 2012).

Em uma escola sustentável, o cuidado é o objetivo principal na educação, pois educar exige cuidado e cuidar é educar. Nesse sentido, a sustentabilidade flerta com o diálogo, em que a atitude e o discurso alinham-se no ponto de vista de estimular o conhecimento, a afetividade, o compromisso e a participação efetiva dos professores, alunos, pais, gestores e comunidade (KONRAD *et al.*, 2012).

Toda escola tem a sua meta constituída, objetivos que se deseja alcançar e como fazer para alcançá-los. O conjunto dessa obra é que vai definir o Projeto Político Pedagógico (PPP). Na escola sustentável, o conhecimento, os saberes e as práticas educativas são orientados pelo PPP, inclusive os aspectos da sustentabilidade, em que as diferenças, a cultura e o saber de cada comunidade são respeitados.

Por meio do PPP, de acordo com Konrad et al. (2012), é que a gestão cuida e educa de maneira democrática, incentivando o diálogo e a coletividade. Todavia, para se tornar realmente sustentável, precisa agregar o PPP a uma gestão democrática com o espaço físico que também cuida e educa. Assim, trabalhando de forma integrada currículo, gestão democrática e espaço físico, têm-se os princípios de uma escola sustentável.

2.1.3 Captação e Armazenamento de águas pluviais

O atual modelo de saneamento caracteriza-se pelo uso perdulário dos recursos água e energia, levando à escassez de água e à poluição dos recursos hídricos, o que representa um problema de saúde pública, limitando, naturalmente, o desenvolvimento econômico e recursos naturais (SILVA, 2003).

O crescimento da população brasileira nos últimos anos, o processo de industrialização e também o aumento da demanda por água potável e com boa qualidade nos grandes centros urbanos têm causado a insuficiência e a degradação dos mananciais superficiais e subterrâneos próximos a essas regiões, gerando a necessidade de buscar maiores volumes de água, em locais cada vez mais distantes, com um elevado encargo energético (TUCCI, 1999). Por outro lado, evidentemente, a expansão das áreas urbanas e dos espaços naturais altera a cobertura vegetal e, conseqüentemente, os componentes do ciclo hidrológico natural.

O aumento da densidade populacional nos centros urbanos implica na construção de telhados, de ruas pavimentadas, de calçadas e de pátios, aumentando a impermeabilização do solo. Com isso, segundo Gomes, Weber e Delong (2010), grande parte da água que, em condições naturais, infiltrava recarregando os aquíferos e ficava retida pelas plantas, é encaminhada ao sistema de esgotamento pluvial dessas áreas.

De acordo com os estudos de Tucci (1999), diversas são causas centrais das enchentes urbanas brasileiras: impermeabilização do solo, erosão e disposição inadequada do lixo. Por outro lado, soluções eficientes e significativas têm sido cada vez mais elaboradas, dentre elas os sistemas de rápido escoamento das águas das chuvas, baseados em canalizações e em retificações dos rios e córregos têm sido adotados como solução às enchentes (SILVA, 2015).

Não obstante, as pesquisas encontradas com essa temática afirmam que, de acordo com Tucci,

com o avanço da fronteira urbana e também a impossibilidade de se aumentar indefinidamente a velocidade de escoamento das águas coletadas, este tipo de

solução começa a se mostrar insuficiente, uma vez que transfere os pontos de enchente cada vez mais para jusante (TUCCI, 1999, p. 41).

Novos conceitos para o gerenciamento de água de chuva, seja em áreas urbanas ou rurais, estão surgindo praticamente em todas as partes do mundo. A escassez, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas aos serviços de abastecimento públicos ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água. Entre essas práticas está o aproveitamento da água da chuva (BERTOLO, 2006; NETO, LUIZ, 2014).

Naturalmente, diferentes setores da sociedade passam a ver a água da chuva como rentável. Assim, indústrias, instituições de ensino, estádios, e até estabelecimentos comerciais como organizações de lavagem de carros, empresas de ônibus, supermercados, empresas de limpeza pública, buscam utilizar água da chuva ao máximo, visando ao retorno na economia de água consumida, e ainda no apelo de *marketing*, uma vez que essas práticas se inserem nos conceitos de empresas com responsabilidade social e ambiental ou ecológicas (TUCCI, 1999; BERTOLO, 2006).

A utilização da água da chuva é considerada como uma fonte alternativa de água, para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade e da sua qualidade. Pode-se inserir, nesse contexto de grande retorno financeiro, o aproveitamento da água da chuva nos sistemas de gestão integrada de águas urbanas. A utilização da água da chuva, por depender de condições locais e por almejar ao seu aproveitamento no próprio local de captação, se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais sua gestão é compartilhada com o usuário (SCHERER, 2003).

A qualidade da água da chuva pode ser diferenciada em quatro etapas: a primeira etapa é a qualidade da chuva antes de atingir o solo; na segunda etapa é a qualidade da chuva depois de se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado; a terceira etapa é quando a água de chuva fica armazenada em um reservatório e tem a sua qualidade alterada e depositam-se elementos sólidos no seu fundo, e a água está pronta para utilização; na quarta etapa a água chega ao ponto de consumo, como, por exemplo, a descarga na bacia sanitária (TOMAZ, 2003).

A utilização de superfícies para a coleta da água também altera suas características naturais. Fenômenos de deposição seca dos compostos presentes na atmosfera ocorrem devido à sedimentação gravitacional e à interceptação de particulados, ou ainda da absorção de gases por superfícies. Esse é o caso dos períodos de estiagem. Assim, segundo entendimento de Tomaz (2003), a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes, diminui ao passar pela

superfície de captação, o que leva à recomendação de descartar a água da primeira chuva, ou também denominada como autolimpeza, pois consiste em descartar o primeiro momento de chuva.

Frequentemente, a contaminação da água pode se dar por fezes de pássaros e de pequenos animais, ou também por óleo combustível, inclusive da atuação dos óleos domésticos, no caso de superfície de captação no solo (BERTOLO, 2006).

Existem, nesse sentido, vários aspectos positivos e benefícios significativos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois esses possibilitam reduzir o consumo de água potável, diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento. Essas ações minimizam os riscos de enchentes e preservam o meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

2.1.4 Aplicação de energia solar

A radiação solar é um recurso que apresenta grande variabilidade devido à alternância de dias e de noites, de estações do ano, de latitude e de períodos de passagem de nuvens e chuvas. Essa característica induz, conforme o caso, à seleção de um sistema de estocagem de energia apropriado. Sua utilização é relevante em instalações remotas, possibilitando vários projetos sociais, agropastoris, de irrigação e comunicações (PEREIRA *et al.*, 2006).

A modularidade, os baixos custos de manutenção e a longa vida útil facilitam muito essa abordagem de instalação em lugares fora do alcance da rede de energia elétrica. Panoramas energéticos globais do passado mostram a falta de sustentabilidade ambiental, econômica e social das tendências energéticas atuais, e a urgência em trazer uma mudança com tecnologias não emissoras de carbono (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

Enquanto países ao redor do mundo negociam e realizam discussões, a exemplo da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, ocorrida em 2012, também conhecida como Rio + 20, a energia sempre ocupa o coração do problema.

A produção de energia é apontada como geradora de 65% da emissão global de gases do efeito estufa, consequentemente, está no coração da solução. A busca por fontes renováveis de energia tornou-se fator de extrema importância em um cenário mundial, que tem sua matriz energética atualmente dependente de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, 30% de petróleo e 23% de carvão (WEO, 2011).

As constantes preocupações com o meio ambiente, os impactos causados por emissões de gases do efeito estufa e CO₂ e a escassez de recursos são os fatores que impulsionam o desenvolvimento das energias renováveis (PALZ, 2002).

A exemplo dos impactos econômicos, as variações do preço da energia nas últimas décadas chamam a atenção para a importância da energia nas atividades econômicas e a vulnerabilidade a desequilíbrios no suprimento de combustíveis. Segundo dados da EPE (2011), “o aumento de preços em 2008 provavelmente colocou a economia global na pior recessão desde a segunda guerra mundial” (EPE, 2011, p. 36-37).

Ao contrário de países europeus e asiáticos, bem como dos Estados Unidos, que apresentam forte crescimento do parque solar instalado, o uso dessa tecnologia no Brasil é praticamente inexistente. Dada a atual situação de competitividade e de avanços tecnológicos da energia fotovoltaica, fica claro que essa diferença existe devido aos diferentes interesses e incentivos por parte dos governos (BURATTINI, 2008).

No entanto, torna-se cada vez mais iminente a viabilização dessa tecnologia no Brasil, devido à crescente redução nos custos e ao aumento da eficiência das células e de painéis solares e pelo enorme potencial de radiação solar brasileiro. Isso fez com que o ano de 2012 fosse produtivo em termos de incentivos e de regulamentações na área de energia fotovoltaica, principalmente por parte da ANEEL (BURATTINI, 2008).

As tecnologias e também as fontes energéticas utilizadas atualmente influenciarão o amanhã (BURATTINI, 2008). Há também uma grande evidência de que a maioria das tecnologias energéticas em uso não é ecologicamente apropriada e tem o potencial de provocar sérias e irreversíveis mudanças climáticas, bem como a constatação de que a quase totalidade destas fontes energéticas não são renováveis e estão se esgotando rapidamente (PALZ, 2002). Em função das percepções diversas, o direcionamento às fontes renováveis de energia é inevitável.

As fontes de energia eólica, solar e biomassa são abundantes, amplamente distribuídas e ecologicamente atrativas. Essas fontes não poluem a atmosfera e não contribuem para o aumento da temperatura (PALZ, 2002). As características especiais das energias renováveis que as tornam atrativas são: uso e produção descentralizada, envolvendo um grande número de produtores e consumidores e custo inicial relativamente mais alto comparado a sistemas convencionais, mas de baixo custo de manutenção.

A energia utilizada pelas células fotovoltaicas decorrentes da irradiação solar é medida, em linhas gerais, em Irradiação Global Horizontal (GHI, doravante) e Irradiação Normal Direta (DNI, de ora em diante). A irradiação normal direta é a quantidade que atinge

o solo diretamente, e é muito variável ao longo do dia. Não obstante esse entendimento, os painéis solares hoje fabricados não são sensíveis à DNI, contudo, tem sua eficiência relacionada à GHI, que é pouco variável durante o dia (BURATTINI, 2008).

A GHI é a soma das irradiações direta e difusa, que consiste na quantidade de luz incidente sobre uma superfície horizontal, levando em conta as parcelas atenuadas e dispersas por nuvens e poluição, o que faz com que os painéis continuem gerando eletricidade mesmo em dias nublados (BURATTINI, 2008).

Para o cálculo do potencial de geração solar fotovoltaica, dois dados básicos são necessários: eficiência ou rendimento das placas e radiação solar, geralmente representada em kWh/m². Os dados de eficiência são dados de placa das células, obtidos em laboratório. O ponto mais importante torna-se, portanto, uma análise da radiação solar do local na qual pretende-se instalar um sistema de geração fotovoltaico (BURATTINI, 2008).

Com a ênfase dada à questão ambiental, que atinge caráter de imprescindibilidade quando se busca meios de amenizar os efeitos do nefasto aquecimento global, o mundo desenvolvido prioriza a utilização das energias limpas e renováveis.

Nesse contexto, a energia solar tem merecido um destaque especial, com todos os países criando programas de incentivo à sua utilização, abrindo linhas de financiamento com baixas taxas de juros e subsidiando preços de aquisição de tais equipamentos (PALZ, 2002).

O aquecimento de água por meio da utilização de coletores solares tem representado, juntamente com as células fotovoltaicas, conversoras da energia solar em energia elétrica, uma das aplicações mais viáveis de utilização, tanto residencial quanto industrial (LOURENÇO, 2001).

Os dispositivos utilizados para a produção de água quente por meio da utilização da energia solar são os coletores que podem ser divididos em dois grupos: os planos e os alternativos, sendo que os planos são os mais utilizados. Tais coletores geralmente são constituídos por tubos absorvedores de cobre, chapa absorvedora de cobre ou alumínio, cobertura de vidro e isolamento térmico de lã de vidro e a grade absorvedora é confeccionada na configuração em paralelo (SOUZA, 2002).

O objetivo de construir e utilizar um coletor é de se usar com ele uma Energia Solar limpa não poluente, e que, portanto, não agride o meio ambiente. O Aquecedor solar não depende de concessionárias ou distribuidoras de energia, nem sofre tributação, o que contribui para o barateamento no seu uso (SOUZA, 2002).

2.1.5 Aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em edificações

A coleta de água de chuva ocorre em áreas permeáveis. No processo de coleta de água da chuva, são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado. A primeira água que cai no telhado, lavando-o. Por conta disso, apresenta um grau de contaminação bastante elevado, assim, é aconselhável o desprezo dessa primeira água.

Para May (2004), a água de chuva coletada por meio de calhas, de condutores verticais e horizontais, é armazenada em reservatório, podendo ser de diferentes materiais. Essa água deverá ser utilizada somente para consumo não potável, como em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para a lavagem de veículos e para lavagem de roupas. A partir de um sistema experimental, as análises da composição física, química e bacteriológica da água da chuva foram realizadas para caracterizá-la e verificar a necessidade de tratamento, diminuindo riscos à saúde de seus usuários (PEREIRA, 2008).

Atualmente, a substituição das fontes de abastecimento hidráulico se tornou uma alternativa cada vez mais cotada em razão dos efeitos causados pela crise hídrica, os quais refletem diretamente nos âmbitos econômico e socioambiental. Ela consiste em substituir as fontes existentes por outras que atendam principalmente aos usos não potáveis, como, por exemplo, limpeza de pisos e paredes, lavagem de veículos, rega de jardim, descarga de bacias sanitárias, entre outros.

Segundo Anecchini (2005), os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são muito pertinentes em razão dos seus benefícios óbvios, vão desde a redução do uso de água potável e a redução de custo ou até mesmo a minimização do risco de cheias em áreas urbanas

A escassez e o mau uso dos recursos hídricos fizeram com que a ONU considerasse a água o principal tema do século 21 e declarasse 2003 o ano internacional da água. A proteção da água potável deve ser assegurada para garantir que ela não se torne, num futuro próximo, um produto de luxo e, por isso, a Unesco propõe que a década de 2005 a 2015 seja dedicada à busca de soluções (PEREIRA, 2008).

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim (DUARTE, 2015). Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não.

Algumas aplicações para reuso da água ou da água reciclada incluem, entre outros possíveis, os industriais, irrigação de lavouras, a irrigação de parques e jardins, campos de futebol, sistemas decorativos aquáticos, a saber: fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água, reserva de proteção contra incêndios, lavagem de trens e ônibus públicos, gramados, árvores e

arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades (PEREIRA, 2008; DUARTE, 2015).

Assim, percebe-se a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa que visa suprir a demanda da população com relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil.

A coleta de água de chuva ocorre em áreas permeáveis. No processo de coleta de água da chuva são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado. A primeira água que cai no telhado, lavando-o, apresenta um grau de contaminação bastante elevado e, por isso, é aconselhável o desprezo desta primeira água. A água de chuva coletada por meio de calhas, condutores verticais e horizontais é armazenada em reservatório, podendo ser de diferentes materiais. Essa água deverá ser utilizada somente para consumo não potável, como em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos e para lavagem de roupas. A partir de um sistema experimental, análises da composição física, química e bacteriológica da água da chuva foram realizadas para caracterizar a água e verificar a necessidade de tratamento, diminuindo riscos à saúde de seus usuários.

A água da chuva coletada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis, por meio de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos (PEREIRA, 2008).

De acordo com estudos de May (2004), a viabilidade do sistema depende basicamente de três fatores: a precipitação, a área de coleta e a demanda. O reservatório de água da chuva, por ser o componente dispendioso do sistema, deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema. Baseado nos resultados das análises realizadas e na utilização do sistema de coleta e de aproveitamento de água da chuva, seu uso para fins não potáveis deve ser estimulado.

O passo inicial para o aproveitamento de água de chuva consiste em desenvolver coletores de água nas coberturas, dimensionados de tal forma que levem em consideração os valores de precipitação da região e que separem as águas iniciais de chuva, devido à concentração de substâncias sólidas depositadas pelo vento e por pássaros (PEREIRA, 2008).

Essas águas seriam desviadas do reservatório por meio de um dispositivo que disporia, no final do coletor, de uma válvula para o descarte desse primeiro fluxo. O recomendado é

que se descarte em torno de 0,3 a 0,5 mm da precipitação que deve ser desviada do reservatório (TOMAZ, 2003).

Uma das inúmeras formas possíveis para a utilização da água pluvial é usá-la nos jardins, pois, nessa atividade, utiliza-se uma considerável quantidade de água e, portanto, empregar a água da chuva é uma forma de economizar água potável e contribuir para evitar a escassez de água.

A água pode ser utilizada para regar plantas, flores, hortas e o gramado. Também pode ser utilizada em cascatas de água, pequenos lagos e, ainda, tanto em jardins livres como em jardins de inverno.

A utilização da água para regar o jardim também tem o aspecto positivo de não precisar ser filtrada. Dentre as várias vantagens na captação e utilização de água da chuva, destacam-se as seguintes: preservação do meio ambiente; utilização de estruturas existentes na edificação (telhado, lajes e rampas); baixo impacto ambiental; água com qualidade aceitável para vários fins, com pouco ou nenhum tratamento; aumento da segurança hídrica para atender ao crescimento populacional ou para atender às áreas deficientes de abastecimento (MAY, 2004).

Ademais, a utilização de água da chuva compreende também a redução dos investimentos na captação da água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas para atender à demanda diária e a de pico; redução do volume de água a ser captada e tratada e minimização do uso de água tratada para fins secundários; menor entropia, ou seja, redução dos custos energéticos de transporte e dos custos de tratamento, pois a água terá o nível de tratamento adequado a seu uso (o custo energético representa de 25 a 45% do custo total das operações de sistemas de abastecimento de água); melhor distribuição da carga de água pluvial imposta ao sistema de drenagem; redução dos riscos de enchentes, erosão dos leitos dos rios e assoreamento nas áreas planas no início da temporada de chuvas e em eventos isolados; redução de custos proporcionados por inundações e alagamentos; possibilidade de uso para recarga dos lençóis subterrâneos e manutenção dos níveis do lençol freático elevado (MAY, 2004).

Reusar a água ou usar a água reciclada traz benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas disponíveis (PEREIRA, 2008). O uso da água de maneira mais eficiente protege o meio ambiente, economiza energia, reduz os investimentos em infraestrutura, ocasionando melhoria dos processos industriais.

O uso eficiente da água representa uma efetiva economia para consumidores, empresas e a sociedade no geral. Segundo Tomaz (2003), um dos pilares do uso eficiente da água é o

combate incessante às perdas e aos desperdícios - no caso do Brasil, a média de perdas nos sistemas de abastecimento é de cerca de 40%. O sistema de abastecimento de água potável não deve ter como objetivo principal tratar água para irrigação ou para servir como descarga para banheiros ou outros usos menos nobres. Esses usos podem ser perfeitamente cobertos pelo reuso ou por água reciclada (PEREIRA, 2008).

Quando se deseja reaproveitar a água da chuva, para qualquer fim específico, é importante saber que sua aceitabilidade depende de suas qualidades físicas, químicas e micro bióticas, as quais podem ser afetadas pela qualidade da fonte geradora, forma de tratamento adotada, confiabilidade no processo de tratamento e da operação dos sistemas de distribuição (TOMAZ, 2003; PEREIRA, 2008).

De fato, a maioria dos estudos de reuso da água de chuva demonstram, de maneira um tanto evidente, um grande potencial de reutilização dessa água para uso na irrigação de jardins e/ou para descarga de vasos sanitários. Nesse sentido, Coelho (2008) analisou os usos finais da água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau/SC e observou que existem diferenças no consumo de água entre homens e mulheres.

O maior consumo estimado por parte do consumidor masculino é proveniente do chuveiro e da mangueira do jardim, com 31,4 e 26,9%, respectivamente. Já o consumo feminino, a maior percentagem foi obtida por meio da torneira da cozinha e da bacia sanitária, com 31,6 e 26,4%, respectivamente. A percentagem de água não potável utilizada pelos homens foi de 64,8% e das mulheres de 57,5% (COELHO, 2008).

CAPÍTULO 3

3.1. METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O estudo em questão tratou de uma medição da área de telhado para a implantação de sistema de calhas e de local apropriado para locação de painéis fotovoltaicos do Colégio Municipal Odila de Souza Teixeira, localizado no centro da cidade de Assis Chateaubriand, Paraná.

A pesquisa foi dividida entre o setor de água e o setor de energia. Foram levantadas as áreas de telhado, presentes nos setores das edificações, por meio de medição (*in loco*). Tal medição foi qualificada e quantificada com o auxílio de revisão bibliográfica. Após a coleta de dados de projeto, foi feito o estudo de redução de despesas mensais, comparando o histórico de faturas fornecidas pelas concessionárias responsáveis por água e energia, Sanepar e Copel, respectivamente, com a perspectiva de geração do projeto de estudo.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo e dimensionamento dos sistemas foi realizado em um Colégio Municipal, localizado no centro da cidade de Assis Chateaubriand, Paraná, como é representado na Figura 1. O colégio tem aproximadamente 100 funcionários e 900 alunos, e as aulas acontecem em período diurno, oferecendo educação para crianças, desde a educação infantil até o ensino fundamental. A escola é dividida em 12 blocos, setorizada em atendimento pedagógico, salas de aula, refeitório, área de recreação e demais atividades.

Figura 1: Mapa com a localização do colégio



Fonte: Google Maps.

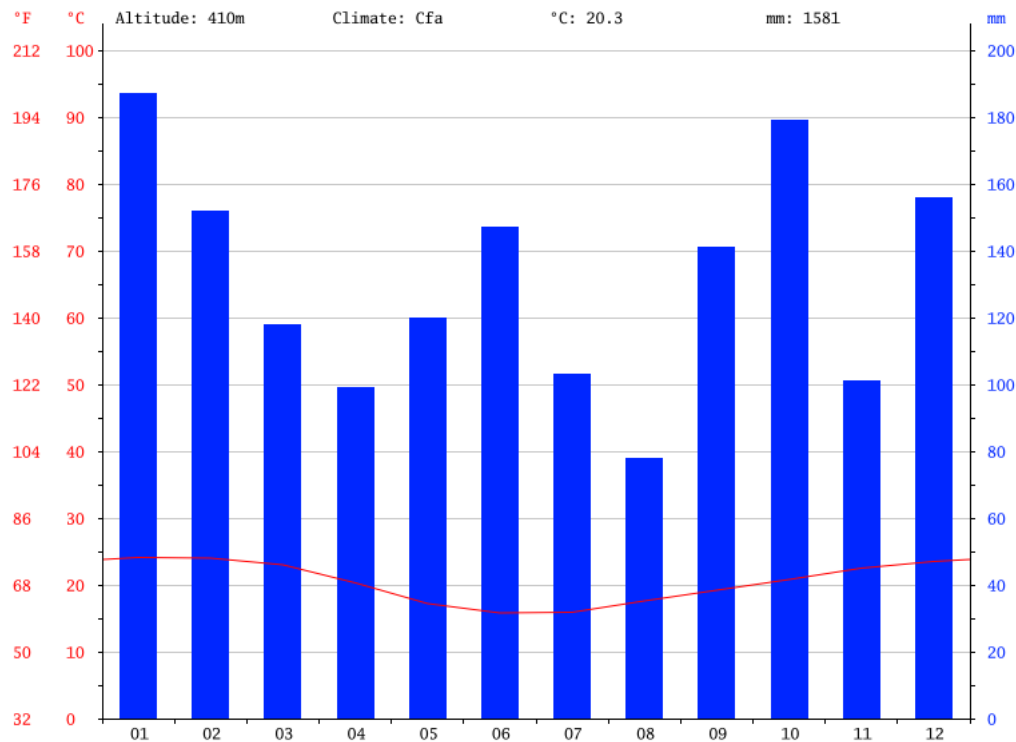
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Os dados para o estudo foram coletados no local da edificação, por meio de medições com o auxílio de uma trena, realizando visitas necessárias para a obtenção desses dados, no período de Agosto e Setembro de 2017.

A escola ficou responsável por realizar um cronograma com os dias e horários para as medições, devido ao horário específico de aulas e ao intenso fluxo de crianças em determinados períodos dos dias.

3.1.4 Dimensionamento do sistema de captação pluvial

O dimensionamento do sistema de captação pluvial foi baseado nas prescrições da NBR 10844/1998, que garante os níveis aceitáveis de funcionalidade, de segurança, de higiene, de conforto, de durabilidade e de economia para as edificações. Para o início do projeto, calculou-se a média mensal de intensidade pluviométrica da cidade de Assis Chateaubriand (Equação 1), tomando como base os dados fornecidos pela Data-Climate como mostra a Figura 2.

Figura 2: Gráfico climático de Assis Chateaubriand

Fonte: Climate-data.org

$$I = \left(\left(\frac{\sum I_m}{12} \right) \right) \quad (1)$$

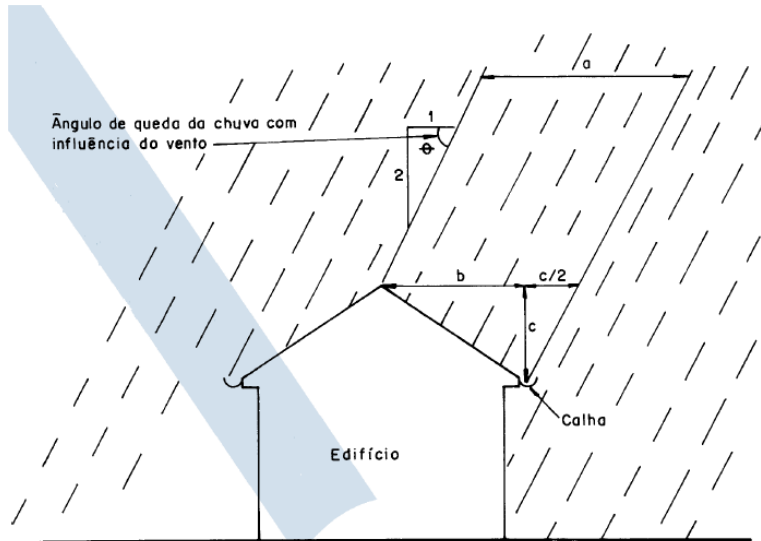
Onde:

I : Intensidade pluviométrica (mm)

$\sum I_m$: Somatório da intensidade pluviométrica mensal dos doze meses (mm)

Segundo a NBR 10844/1989, a ação dos ventos deve ser levada em conta por meio da adoção de um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal igual a $\arctg^2 \theta$, para o cálculo da quantidade de chuva a ser interceptada por superfícies inclinadas ou verticais. O vento deve ser considerado na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies consideradas (Figura 3).

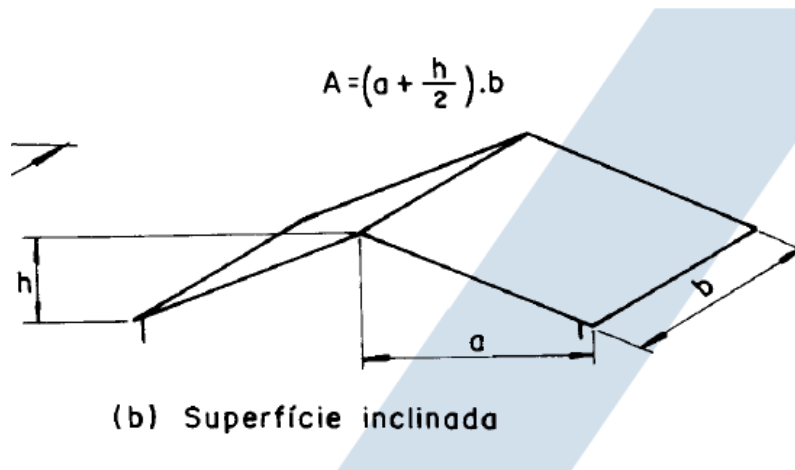
Figura 3: Influência do vento na inclinação da chuva



Fonte: NBR 10844, (1998).

Após calculado a média de intensidade pluviométrica, para base de dimensionamento, em um período de retorno de 5 anos para coberturas, com uma duração de precipitação de 5 minutos, e demais medições realizadas, calculou-se a área de contribuição por meio da equação ilustrada na Figura 6.

Figura 4: Método de cálculo para superfície inclinada



Fonte: NBR 10844, (1998).

Com a inclinação conhecida, o próximo passo foi calcular a vazão de projeto, como mostra a Equação (2).

$$Q = \frac{I.A}{60} \quad (2)$$

Em que:

Q : Vazão de projeto (L/min)

I : Intensidade pluviométrica (mm/h)

A : Área de contribuição (m²)

Com a vazão de projeto foi possível dimensionar as calhas por meio da fórmula de Manning-Strickler (Equação 3). Os valores da figura 5 mostram a capacidade de calhas semicirculares resultantes da equação, utilizando um coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ e Vazão em L/min., considerando lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

$$Q = k \cdot \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S \quad (3)$$

Em que:

Q : Vazão de projeto (L/min)

k : 60.000 (coeficiente para converter m³/s para L/min)

S : Área da seção molhada do escoamento na calha (m²)

n : Coeficiente de rugosidade

Rh : Raio hidráulico (m)

P : Perímetro molhado (m)

P : Declividade da calha (m)

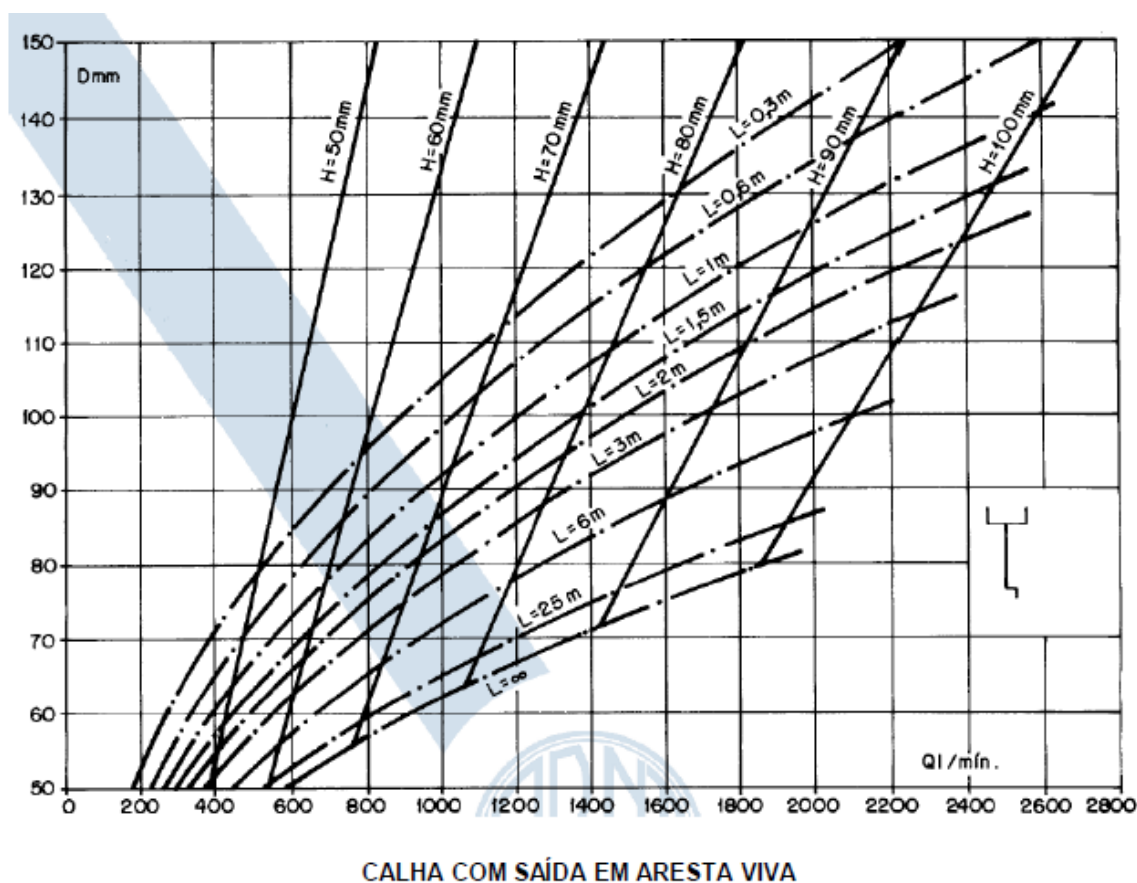
Figura 5: Capacidades de calhas semicirculares

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1 %	2 %
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: NBR 10844, (1998).

Conforme a NBR 10844 (ABNT,1989), a água captada do plano do telhado é levada por meio das calhas até um reservatório, usando-se um conduto vertical. Tal conduto será dimensionado com a vazão de projeto (L/min), com a altura da lâmina de água na calha (mm), e com o comprimento do conduto vertical. Com os dados expostos, calcula-se com o auxílio do ábaco (Figura 6), considerando calha com saída em aresta viva. O valor encontrado no ábaco será o diâmetro do conduto, caso este diâmetro não seja comercial, será adotado o diâmetro logo acima do encontrado.

Figura 6: Ábaco para a determinação de diâmetro de condutos verticais



Fonte: NBR 10844, (1998).

Com os condutores verticais devidamente dimensionados, o próximo passo foi o dimensionamento dos condutos horizontais. Para dados de projeto, adotou-se uma declividade uniforme de 1%, com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno. Esses dados são suficientes para que fosse encontrado o diâmetro dos condutos horizontais por meio da tabela ilustrada na Figura 7.

Figura 7: Capacidade de condutores horizontais de seção circular**Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844, (1998).

Para finalização do dimensionamento de captação de água pluvial, dimensionou-se o reservatório de acordo com a NBR 15227, na qual está inserido com o Método Prático Inglês representado pela equação 4, a seguir:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (4)$$

Em que:

V = Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L)

P = Precipitação média anual (mm)

A = Área de coleta em projeção (m²)

3.1.5 Dimensionamento do sistema de painel fotovoltaico

Para início do dimensionamento dos painéis fotovoltaicos, segundo a AtomRA Energia Renovável, baseando-se na cartilha da Aneel e na NBR 16274, foi necessário o conhecimento da latitude e da longitude do local da edificação, para a obtenção do índice solarimétrico, como mostra a figura 8.

Figura 8: Índice Solarimétrico da região da edificação

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Toledo
 Município: Toledo, PR - BRA
 Latitude: 24,7° S
 Longitude: 53,743055° O
 Distância do ponto de ref.: (24,404267° S; 53,512331° O) : 40,4 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,61	5,83	5,25	4,58	3,81	3,11	3,01	3,82	4,14	5,44	5,88	6,39	4,80	3,28
✓	Ângulo igual a latitude	24° N	5,13	5,51	5,44	5,28	4,84	4,08	4,72	4,08	4,41	5,33	5,38	5,66	5,04	1,57
✓	Menor média anual	21° N	5,22	5,64	5,48	5,23	4,74	3,99	4,81	4,08	4,41	5,38	5,48	5,78	5,04	1,75
✓	Menor mínimo mensal	35° N	4,89	5,23	5,30	5,37	5,08	4,35	5,01	4,80	4,38	5,08	4,93	5,12	4,94	1,02

Fonte: Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito.

O índice solarimétrico indicou três localidades próximas das coordenadas, Toledo, Guaíra e Foz do Iguaçu, informando a distância em km (quilômetros), e a irradiação solar diária média em kWh/m².dia, mensal e anual. Para base de dimensionamento, foram utilizados os dados da cidade mais próxima, no caso Toledo, tomando como base a maior média anual disposta pelo CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), que indica 5,04 kWh/m².dia, a 21° N de inclinação nas coordenadas 24,404267° S; 53,512331° O.

A partir do índice solarimétrico, foi calculada a média dos últimos doze meses dos dados de consumo, em seguida, divididos por 30 dias (Equação 1), obtendo o consumo em “dia”. Tais dados são impressos na fatura da concessionária, em kWh (Quilowatt-hora).

$$Md = \left(\frac{\sum Cm}{12} \right) / 30 \quad (5)$$

Em que:

Md: média diária de consumo (kWh)

Σ Cm: somatório do consumo mensal dos doze meses (kWh)

Para o dimensionamento da quantidade de placas necessárias para atender à demanda de projeto, foi calculado pela relação da Equação 2, assumindo uma eficiência de 83%.

$$Qp = \left(\left(\frac{Md}{Is} \right) / 0,83 \right) / Pp \quad (6)$$

Em que:

Qp: quantidade de placas (adimensional)

Md: média diária de consumo (kWh)

Is: índice solarimétrico de projeto (kWh/m².dia)

P_p: potência de cada placa (kWh/m².dia)

3.1.6 Estimativa de redução de custos

A estimativa de redução de custos mensais por meio de medidas sustentáveis foi feita a partir do dimensionamento do sistema de captação pluvial e painel fotovoltaico, em confronto com o consumo de água e de energia com suas respectivas tarifas cobradas pelas concessionárias.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Dimensionamento do sistema de captação pluvial

Com as dimensões dos telhados em projeto, calculou-se a área de contribuição, por meio do método de cálculo de superfície inclinada, conforme a figura 4,. A planta de cobertura foi dividida em 38 águas (APÊNDICE A), as quais foram nominadas com a sigla AT (Área de Telhado) seguido pelo número de identificação das respectivas águas.

A tabela 1 mostra o resultado das divisões de telhados com os fatores de largura, de inclinação, de altura, de comprimento e de intensidade pluviométrica mensal da cidade de Assis Chateaubriand, como exposto na figura 2 e na equação 01. Determinado os fatores de cálculo, obteve-se as respectivas Áreas de Contribuição e Vazão, tendo como maior área de contribuição e vazão a AT08, com 340,4 m² e 748,9 L/min, respectivamente. E com menor área de contribuição e vazão as ATs 36 e 37, com 12,3 m² e 27,1 L/min, respectivamente.

Tabela 1: Determinação das áreas de contribuição e vazão de projeto

Telha do	Largura (m)	Inclinaç ão (%)	Altura (m)	Compriment o (m)	Área de Contribuiç ão (m ²)	Int. Pluviométr ica Mensal (mm)	Vazão (L/min)
	a	%	H	B	A	I	Q
AT01	4,0	0,3	1,2	36,0	165,6	132,0	364,3
AT02	4,0	0,3	1,2	4,0	18,4	132,0	40,5
AT03	4,0	0,3	1,2	20,0	92,0	132,0	202,4
AT04	8,0	0,3	2,4	12,0	110,4	132,0	242,9
AT05	4,5	0,3	1,4	20,0	103,5	132,0	227,7
AT06	4,5	0,3	1,4	4,5	23,3	132,0	51,2
AT07	4,5	0,3	1,4	20,0	103,5	132,0	227,7
AT08	8,0	0,3	2,4	37,0	340,4	132,0	748,9
AT09	4,5	0,3	1,4	20,0	103,5	132,0	227,7
AT10	4,5	0,3	1,4	4,5	23,3	132,0	51,2
AT11	4,5	0,3	1,4	34,2	177,1	132,0	389,6
AT12	7,0	0,3	2,1	7,0	56,4	132,0	124,0

AT13	8,0	0,3	2,4	7,0	64,4	132,0	141,7
AT14	8,0	0,3	2,4	7,0	64,4	132,0	141,7
AT15	7,0	0,3	2,1	7,0	56,4	132,0	124,0
AT16	4,5	0,3	1,4	4,5	23,3	132,0	51,2
AT17	4,5	0,3	1,4	24,0	124,2	132,0	273,2
AT18	4,5	0,3	1,4	24,0	124,2	132,0	273,2
AT19	4,5	0,3	1,4	40,0	207,0	132,0	455,4
AT20	4,5	0,3	1,4	40,0	207,0	132,0	455,4
AT21	4,5	0,3	1,4	4,5	23,3	132,0	51,2
AT22	5,8	0,3	1,7	32,7	216,2	132,0	475,7
AT23	4,5	0,3	1,4	4,5	23,3	132,0	51,2
AT24	4,5	0,3	1,4	20,0	103,5	132,0	227,7
AT25	4,5	0,3	1,4	20,0	103,5	132,0	227,7
AT26	4,5	0,3	1,4	25,5	132,0	132,0	290,3
AT27	4,5	0,3	1,4	25,5	132,0	132,0	290,3
AT28	4,5	0,3	1,4	4,5	23,3	132,0	51,2
AT29	5,8	0,3	1,7	32,7	216,2	132,0	475,7
AT30	5,5	0,3	1,7	5,5	34,8	132,0	76,5
AT31	5,5	0,3	1,7	24,0	151,8	132,0	334,0
AT32	5,5	0,3	1,7	24,0	151,8	132,0	334,0
AT33	4,5	0,3	1,4	25,5	132,0	132,0	290,3
AT34	4,5	0,3	1,4	25,5	132,0	132,0	290,3
AT35	5,5	0,3	1,7	5,5	34,8	132,0	76,5
AT36	2,0	0,3	0,6	5,4	12,3	132,0	27,1
AT37	2,0	0,3	0,6	5,4	12,3	132,0	27,1
AT38	2,0	0,3	0,6	13,7	31,4	132,0	69,1

Fonte: Autor (2017).

As calhas foram divididas em trechos contornando todas as extensões dos telhados. Essas foram denominadas coincidentemente com as áreas de telhado, denominadas CA e o número de identificação à frente.

Para base de dimensionamento das calhas, com o auxílio da fórmula de Manning-Strickler (Equação 03), e da tabela de capacidades de calhas semicirculares (figura 8), obteve-se o diâmetro de cada calha, como mostra a tabela 01.

Como o projeto (APÊNDICE A) é disposto de várias águas e, dentre elas, algumas furtadas, as calhas CA4, CA22 e CA29 foram divididas em a e b; e a, b, c e d,

respectivamente. Os diâmetros variaram de 100 mm à 200 mm, conforme a sua área de contribuição e vazão.

Tabela 2: Determinação do diâmetro interno das calhas

Denominação	Área de contribuição (m ²)	Vazão (L/min)	Diâmetro Interno (mm)
	A	Q	D
CA1	165,6	364,3	150
CA2	18,4	40,5	100
CA3	92	202,4	125
CA4a	55,2	121,4	100
CA4b	55,2	121,4	100
CA5	103,5	227,7	125
CA6	23,3	51,2	100
CA7	103,5	227,7	125
CA8	340,4	748,9	200
CA9	103,5	227,7	125
CA10	23,3	51,2	100
CA11	177,1	389,6	200
CA12	56,4	124,0	100
CA13	64,4	141,7	125
CA14	64,4	141,7	125
CA15	56,4	124,0	100
CA16	23,3	51,2	100
CA17	124,2	273,2	150
CA18	124,2	273,2	150
CA19	207,0	455,4	200
CA20	207,0	455,4	200
CA21	23,3	51,2	100
CA22a	38,9	85,6	100
CA22b	67,0	147,5	125

CA22c	67,0	147,5	125
CA22d	45,4	99,9	100
CA23	23,3	51,2	100
CA24	103,5	227,7	125
CA25	103,5	227,7	125
CA26	132,0	290,3	150
CA27	132,0	290,3	150
CA28	23,3	51,2	100
CA29a	38,9	85,6	100
CA29b	67,0	147,5	125
CA29c	67,0	147,5	125
CA29d	45,4	99,9	100
CA30	34,8	76,5	100
CA31	151,8	334,0	150
CA32	151,8	334,0	150
CA33	132,0	290,3	150
CA34	132,0	290,3	150
CA35	34,8	76,5	100
CA36	12,3	27,1	100
CA37	12,3	27,1	100
CA38	31,4	69,1	100

Fonte: Elaborado pelo pesquisador (2017).

Após o dimensionamento das calhas, com o auxílio da tabela 2 e do ábaco de calha com saída em aresta viva, obteve-se o diâmetro do condutor vertical, levando em consideração o comprimento do conduto de 3 metros e que a maior vazão de projeto é no valor de 748,9 L/min na CA8, resultou em um diâmetro máximo de 70 mm. Então, adotou-se o mínimo comercial na dimensão de 75 mm.

A tabela 3 detalha a vazão de cada condutor vertical, proporcional à vazão de cada calha com cada área de telhado (AT), em que os condutores foram denominados como Água Pluvial (AP), seguida do número de identificação.

Tabela 3: Determinação do diâmetro dos condutores verticais

Denominação	Vazão (L/min)	Diâmetro Interno (mm)
AP1	187,2	75
AP2	91,1	75
AP3	91,1	75
AP4	111,3	75
AP5	121,4	75
AP6	154,6	75
AP7	187,2	75
AP8	208,6	75
AP9	181,9	75
AP10	174,6	75
AP11	139,5	75
AP12	187,2	75
AP13	179,4	75
AP14	139,5	75
AP15	196,1	75
AP16	97,4	75
AP17	97,4	75
AP18	123,0	75
AP19	69,1	75
AP20	69,1	75
AP21	132,8	75
AP22	132,8	75
AP23	132,8	75
AP24	132,8	75
AP25	116,7	75
AP26	91,1	75
AP27	176,7	75

AP28	237,4	75
AP29	151,8	75
AP30	177,4	75
AP31	116,7	75
AP32	91,1	75
AP33	164,8	75
AP34	225,5	75
AP35	151,8	75
AP36	177,4	75
AP37	101,5	75
AP38	75,9	75
AP39	149,6	75
AP40	170,5	75
AP41	96,8	75
AP42	122,4	75
AP43	101,5	75
AP44	75,9	75
AP45	149,6	75
AP46	170,5	75
AP47	96,8	75
AP48	122,4	75
AP49	149,6	75
AP50	111,3	75
AP51	185,1	75
AP52	170,5	75
AP53	96,8	75
AP54	135,0	75
AP55	149,6	75
AP56	111,3	75
AP57	206,5	75

AP58	191,9	75
AP59	96,8	75
AP60	135,0	75
AP61	27,1	75
AP62	69,1	75

Fonte: Elaborada pelo pesquisador (2017).

Os condutores horizontais foram dispostos em sequência para a condução da água captada até o reservatório (APÊNDICE B), denominados Conductor Horizontal (CH), antecedendo o número de identificação. Quando houve mudança de direção nas tubulações, foi locado uma Caixa de Inspeção (CI) e antes das tubulações chegarem no reservatório foram locados uma Caixa de Areia (CAR) para filtrar folhas, entre outros objetos que entram nas tubulações.

Os diâmetros dos condutores variaram de 75 a 250 mm, os quais foram dimensionados por trechos, conforme mostra a tabela 4.

Tabela 4: Determinação do diâmetro dos condutores verticais

Denominação	Vazão (L/min)	Diâmetro Interno (mm)
CH1	187,2	100
CH2	374,4	125
CH3	561,7	150
CH4	652,7	150
CH5	743,8	150
CH6	855,1	200
CH7	855,1	200
CH8	925,5	200
CH9	363,2	125
CH10	666,5	150
CH11	354,0	125
CH12	2385,4	250

CH13	196,1	100
CH14	334,2	125
CH15	431,6	125
CH16	1619,7	200
CH17	151,8	100
CH18	389,2	125
CH19	565,9	150
CH20	657,0	200
CH21	773,7	150
CH22	177,4	100
CH23	354,8	125
CH24	639,5	150
CH25	736,2	150
CH26	1132,3	200
CH27	1446,7	200
CH28	1613,7	200
CH29	3036,1	250
CH30	233,1	100
CH31	426,6	125
CH32	767,6	150
CH33	1102,3	200
CH34	1289,5	200
CH35	1422,4	200
CH36	110,7	75
CH37	207,5	100
CH38	399,4	125
CH39	661,5	150
CH40	772,8	150
CH41	1055,2	200

Fonte: Autor (2017).

Por fim, dimensionou-se o reservatório pelo método prático inglês, o qual foi calculado por meio equação 4 já citada. Pelo método, aplicado com uma área de contribuição total de 3851,8 m² e com a média da intensidade pluviométrica de Assis Chateaubriand de 132 mm, obteve-se um reservatório de 26.000 L ou 26 m³.

4.1.2 Dimensionamento do sistema de painel fotovoltaico

Para início do dimensionamento da quantidade de placas necessárias para atender à demanda da Escola, tomou-se como base o índice solarimétrico da cidade mais próxima de Assis Chateaubriand, fornecido pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, o qual nos indica o valor médio da cidade de Toledo com um valor de 5,04 kWh/m².dia.

Considerando a Fatura emitida pela concessionária (Figura 12) e fornecida pela Secretaria de Educação do Governo do Estado do Paraná, tem-se a média mensal do consumo em kWh, conseqüentemente, a média diária, ilustrada na equação 6.

Figura 9: Fatura de Energia fornecida pela concessionária



COPEL

Companhia Paranaense de Energia S.A.
Av. Itália, 158 - Jd. Santa Helena, 158 - Itaipua - Curitiba - PR - CEP 81290-240
CNPJ: 04.366.828/0001-08 - IE: 00.733.073-98 - IM: 422.992-4

www.copel.com
0800 51 00 116

PARANA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO
SEED FUNDEF NRE ASSIS CHATEAUBRIAND - 90
R BRASILIA, 221 - SEED C E CHATEAUBRIANDENSE E MODILA S T
AMERICA JD - ASSIS CHATEAUBRIAND - PR - 85935-000
80636 01 004 337600
CNPJ 76.416.965/0001-21

Mês de referência
Dezembro/2016

Nº de Identificação
47054689

Vencimento
25/01/2017

VALOR A PAGAR
R\$ 3.158,77

Responsável pela manutenção da Iluminação Pública: Município
04435281233

FAT-01-20164204559559- 89

Informações Técnicas

Podor/Pea-Esino Medio

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medida	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
01/11/2016 87125	01/12/2016 93960	6822 kWh	1	6822 kWh	227,40 kWh	10/01/2017	02/01/2017

Nº Medidor: MD 0330769560 - Trifásico

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Di. Pgto.	Valor
11/2016	4290	23/12/2016	1.946,19
10/2016	3750	25/11/2016	1.713,19
09/2016	3435	25/10/2016	1.573,65
08/2016	2261	25/09/2016	1.056,30
07/2016	3455	25/08/2016	1.788,34
06/2016	3027	25/07/2016	1.643,48
05/2016	6897	25/06/2016	3.686,07
04/2016	6425	25/05/2016	3.758,51
03/2016	5598	25/04/2016	3.215,81
02/2016	2758	25/03/2016	1.652,28
01/2016	3859	25/02/2016	2.339,23
12/2015	5193	25/03/2016	3.051,62

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 000.615.414- SÉRIE B
Emitida em 01/12/2016

Produto	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. (ICMS)
ENERGIA CONS. B. AMARELA	kWh			103,50	0,00	,00%
ENERGIA ELÉTRICA CONSUMO	kWh	6822	0,441266	3.010,32	0,00	,00%
CONT. ILLUM. PÚBLICA MUNICÍPIO				44,89		

Indicadores de Qualidade

Conjunto: ASSIS CHATEAUBRIAND
Mês Ref.: 10/2016

	DIC	FIC	DMIC	DICRI	EUSD (R\$)
Realizado:	0,00	0,00	0,00	-	712,53
Limite Mínimo:	5,55	3,42	3,20	12,22	
Limite Tolerável:	11,10	6,85	-	-	
Limite Máximo:	22,21	13,70	-	-	

Tensão Contratada: 127/220 volts
Limite Adequado de Tensão: 117 a 133/202 a 231 volts

O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI definidos para ANEEL, resulta em compensação financeira ao consumidor pela concessionária no valor de R\$ 0,00 por kWh não atendido e aplicação de multa de 0,05% por kWh não atendido a qualquer tempo.

Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS	Valor Total da Nota Fiscal
0,00	0,00	3.158,77

Composição dos Valores	Reservado ao Fisco
Distribuição: 950,95	43AE.B38C.A9EA.D7FB.4412.D6FB.00B1.1CFC
Enc. Saneamento: 320,57	
Energia: 1.677,39	
Transmissão: 66,85	
Trifásico: 138,71	
Total: 3.113,58	

Aviso de Vencimento

INCLUI NA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA O VALOR DO ICMS DE 0,00% SOBRE O VALOR TOTAL DA NOTA FISCAL.

Fonte: Copel (2016).

$$Md = ((+ 3859 + 2758 + 5598 + 6425 + 6897 + 3027 + 3455 + 2261 + 2435 + 3750 + 4290 + 6822) / 12))$$

30

$$Md = 160,5 \text{ kWh}$$

(5)

Para a determinação da quantidade placas necessárias, utilizou-se uma placa com uma potência de 250 W ou 0,25 kW, aplicando sobre ela um rendimento de 83% pelo fato das perdas na geração de energia e na transmissão de potência.

Aplicando-se a razão da média de consumo diário de 160,5 kWh pelo índice solarimétrico correspondente a 5,04 kWh/m².dia ,com os 83 % de rendimento total, dividido pela potência da placa utilizada de 0,25 kW, obteve-se um total de 106 placas, ou seja, para atender à demanda de energia da Escola são necessárias 106 placas fotovoltaicas, como descrito na equação:

$$Q_p = ((160,5 / 5,04) * 0,83) / 0,25 \quad (6)$$

$$Q_p = 106 \text{ placas}$$

4.1.3 Estimativas de redução de custos

A estimativa de redução na fatura de energia foi calculada considerando os 83% de rendimento das placas fotovoltaicas. Com a média mensal de consumo de janeiro de 2016 a dezembro de 2016, de 4381,4 kWh e com a tarifa cobrada pela concessionária responsável pela distribuição de 0,44127 R\$/kWh, conforme a tabela 5, obteve-se uma redução de R\$ 1.604,70.

Tabela 5: Consumo Mensal de Janeiro de 2016 a Dezembro de 2016

Mês	Consumo Mensal (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)
Janeiro/2016	3859	0,44127
Fevereiro/2016	2758	0,44127
Março/2016	5598	0,44127
Abril/2016	6425	0,44127
Maió/2016	6897	0,44127
Junho/2016	3027	0,44127
Julho/2016	3455	0,44127
Agosto/2016	2261	0,44127
Setembro/2016	3435	0,44127
Outubro/2016	3750	0,44127
Novembro/2016	4290	0,44127
Dezembro/2016	6822	0,44127

Fonte: Copel (2016).

Da mesma forma, para o consumo de água foi feito o cálculo da média mensal de 196 m³, de Junho de 2016 a Maio de 2017, levando em consideração que 36 % é de uso não

potável em instituições de ensino e 80% da fatura é referente ao esgoto, com uma tarifa de R\$ 6,84, obteve-se uma redução de R\$ 684,00.

Tabela 6: Consumo Mensal de Junho de 2016 a Maio de 2017

Mês	Consumo Mensal (m³)	Tarifa (R\$/m³)
Junho/2016	221	6,84
Julho/2016	206	6,84
Agosto/2016	222	6,84
Setembro/2016	215	6,84
Outubro/2016	211	6,84
Novemebro/16	198	6,84
Dezembro/2016	175	6,84
Janeiro/2017	127	6,84
Fevereiro/2017	182	6,84
Março/2017	181	6,84
Abril/2017	212	6,84
Maio/2017	200	6,84

Fonte: Sanepar (2017).

Foi estimada uma redução de R\$ 2288,70 nas despesas mensais de água e de energia, na Escola Municipal Odila de Souza Teixeira, cidade de Assis Chateaubriand - PR, com a implantação de medidas sustentáveis.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo referente ao trabalho teve o intuito de estudar uma forma de reduzir as despesas mensais na Escola Municipal Odila de Souza Teixeira, na cidade de Assis Chateaubriand-Pr. Os dados apresentados neste estudo servem de base para uma alternativa viável que toma força cada vez mais no mundo, devido à escassez de recursos e à ideologia de construções autossuficientes.

Para haver uma estimativa da redução de custos, foi necessário, com auxílio do Núcleo Regional de Educação de Assis Chateaubriand, que fosse enviado um ofício à Secretaria de Educação do Estado, para que pudesse enviar as faturas de água e de energia, fornecidas pela Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná) e Copel (Companhia Paranaense de Eletricidade), respectivamente.

A implantação do sistema de captação de água pluvial e seu aproveitamento ficou exclusivo para fins de utilização não potável, os quais são direcionados para a limpeza de calçadas, irrigação da horta e jardinagem em geral.

O estudo limitou-se ao dimensionamento do sistema de captação de água da chuva e à produção de energia e à estimativa do quanto seria economizado com a implantação do conjunto. Contudo, como esses sistemas são vendidos como produtos que trazem retorno financeiro rápido, esta pesquisa não discute a veracidade ou não dessa premissa; limita-se apenas ao que foi proposto aqui.

É importante salientar o âmbito social do projeto, haja vista que práticas sustentáveis ainda caminham a passos curtos. Assim, este projeto visa promover a consciência dos cidadãos, para criar uma visão otimista tanto para as autoridades competentes à zelar desse tipo de instituição, quanto para as crianças que seriam os beneficiários diretos dessa prática, podendo crescer e desenvolver tal consciência.

CAPÍTULO 6

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Desenvolver o orçamento de custo de implantação do sistema apresentado;
- b) Desenvolver o dimensionamento nas demais escolas do município;
- c) Analisar a água captada;

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. 1989. Disponível em: < <http://docslide.com.br/documents/nbr-10844-1989-instalacoes-prediais-de-aguas-pluviais.html>>. Acesso em: 01 jun. 2017.
- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. São Paulo: Nova fronteira, 2009.
- _____. **Experiências empresariais em sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2015.
- ANNECCHINI, C. P. V. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005, Vitória. Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.
- BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade do Porto, Porto.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Tratado de educação ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global**. Brasília: MEC, 2012.
- BURATTINI, M. P. T. C. **Energia: Uma abordagem multidisciplinar**. Livraria da Física, 2008.
- COELHO, G. **Avaliação dos usos de água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau - SC**. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CORRÊA, L. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. 38 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2011.
- DIAS, G. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. Rio de Janeiro: Global, 2015.
- DUARTE, G. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: estudo de caso na jardinagem. **Revista Ciência & Cidadania**, v. 1, n. 1, mar. 2015.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Brasília: MME, 2011.
- FLEURI, R. **Sustentabilidade: desafios para a educação científica e tecnológica**. Brasília: INEP, 2014.
- FREITAS, J.; GIATTI, L. L. **Sustentabilidade: Direito ao Futuro**. Belo Horizonte: Fórum, 2011.
- GOMES, J.; WEBER, D.; DELONG, C. Dimensionamento de Reservatórios

de Armazenamento de Águas Pluviais, usando um Critério Financeiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 1, p. 89-100, jan./mar. 2010.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

JOHN, V. **Durabilidade e Sustentabilidade**: os desafios para a construção civil brasileira. 2001. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_56.pdf>. Acesso em: 30 maio 2017.

KONRAD, O. et al. Avaliação da utilização de dejetos bovinos e inoculo com e sem uso de Glicerina em Biodigestores operados em batelada. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 4, n. 4, jan./jun. 2012.

LEGAN, L. **A escola sustentável**: Eco-alfabetização pelo ambiente. São Paulo: Imprensa, 2007.

LOURENÇO, J. **Estudo de um Coletor Solar Alternativo, usando Tubos Absorvedores de Alumínio**. 2001. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LOUREIRO, C. **Sustentabilidade e educação**: um olhar da ecologia política. São Paulo: Cortez, 2014.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

NETO, C.; LUIZ, E. **Estudo de um sistema de captação de águas pluviais para uso não potável em moradias sociais em Campo Mourão-PR**. 2014. 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

PALZ, W. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Hemus, 2002.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: SWERA, 2006.

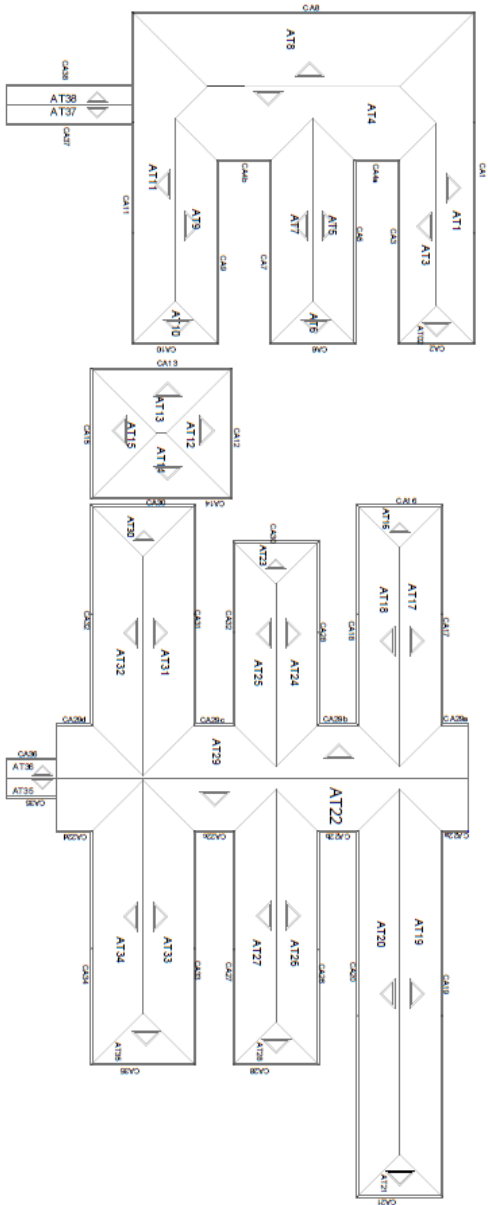
PEREIRA, D. J. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

SCHERER, F. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas**: Diretrizes Para Secretarias de Educação. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) Universidade de São Paulo, São Paulo.

SHAYANI, R.; OLIVEIRA, M.; CAMARGO, I. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. **Anais do V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**, 2006, Brasília. Brasília: Secretaria de Planejamento Energético, 2006.

- SILVA, O. et al. **Captação de águas pluviais na cidade de Campina Grande–PB:** Alternativa para política de enfrentamento da escassez de água nas escolas públicas. 2003. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/4simp_ozas_captacaodeaguaspluviaisemcampinagrande.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.
- SILVA, J. Estimativa de captação de água pluvial para cultivo de hortas escolares. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 11, n. 1, p. 89-95, 2015.
- SOUZA, L. M. **Viabilidade econômica da utilização de tubos de PVC como elementos absorvedores em coletores de um sistema de aquecimento de água por energia solar.** 2002. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- TEIXEIRA, A.; ARROYO, C. Sustentabilidade na construção civil. **Revista da Fundação Educacional de Ituverava**, Ituverava, v. 1, n. 1, p. 194-198, 2017.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva:** para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.
- TOMIO, D. (Con)viver em espaços da escola sustentável e criativa. **Revista Polyphonia**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 367-391, 2016.
- TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Orgs.). **Águas Doces do Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 1999. p. 475-508.
- WEO. Agência Internacional de Energia. **World Economic Outlook.** 2011. Disponível em: <<http://tinyurl.com/y98jujxa>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. A. **Sustentabilidade na construção civil.** 2011. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/8/Yemal_JA%20-%20Paper%20-%206B8.pdf>. Acesso em: 11 maio 2017.
- YOUNG, M. **Sustainable investment and resource:** equity, environmental integrity, and economic efficiency. Park Ridge: Parthenon Pub, 1992.
- MIELI, João Carlos de Almeida. **Reuso da Água Domiciliar.** Niterói, abr.2001.
- EFFTING, Tânia Regina. **Educação Ambiental Nas Escolas Públicas:** Realidade E Desafios. [artigo científico]. Disponível em:<<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/taniaregina.pdf>> . Acesso em: 18 maio 2017.

APÊNDICE A – DIVISÃO DAS ÁGUAS DE TELHADO E CALHAS



APÊNDICE B – PROJETO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS