

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MICHEL MARTINAZZO

**ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR E DE
ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

MICHEL MARTINAZZO

ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE
APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR E DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC 1, do Curso de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elizângela Marcelo Siliprandi.

Co-orientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima

PATO BRANCO

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR E DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

MICHEL MARTINAZZO

Aos 13 dias do mês de fevereiro do ano de 2014, às 10h, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 15-TCC/2014.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. ELIZÂNGELA M. SILIPRANDI (DACOC / UTFPR-PB)

Co-orientador: Prof. Dr. JOSÉ DONIZETTI DE LIMA (DAMAT / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. LUIZ CARLOS SCHEITT (DAMAT / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ V. MONTEIRO LARCHER (DACOC / UTFPR-PB)

RESUMO

MARTINAZZO, Michel. Análise Econômica da Implantação e Utilização de Sistemas de Aproveitamento de Energia Solar e de Águas Pluviais em uma Residência Unifamiliar. 2014. 104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2014.

No Brasil, construções sustentáveis ainda são um tema pouco debatido, o que dificulta a inserção de novos métodos construtivos e utilização de novas tecnologias. O sistema de aquecimento solar e aproveitamento de água pluviais não são tecnologias recentes, porém o seu uso têm se difundido aos poucos, o que os colocou entre os mais populares dentre as soluções sustentáveis praticadas na construção civil. Por falta de incentivo, o sistema de geração elétrica fotovoltaico no Brasil ainda está distante de motivar a população a adotá-lo em projetos residenciais, por este motivo, o presente trabalho trata de apresentar as características e modo de funcionamento dos três sistemas mais conhecidos (aquecimento solar, geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas, e aproveitamento de águas pluviais), e, com base em projetos de uma residência específica, prever a instalação dos dois primeiros, executando o levantamento de custos envolvidos em ambos, e prevendo as economias (receitas) geradas por cada um. Na sequência, com os dados levantados, realizou-se uma análise econômica, considerando uma taxa mínima de atratividade (equivalente à da caderneta de poupança), onde foram calculados indicadores de retorno (VPL, VPLA, IBC e ROIA) e indicadores de risco (TIR, *payback*, índice TMA/TIR e índice *payback/N*) do projeto, o que permitiu avaliar a viabilidade econômica dos mesmos como um projeto de investimento. O resultado mostrou que o uso do sistema de aquecimento solar não é uma opção viável quando utilizado isoladamente, porém, o sistema de aproveitamento de água das chuvas, no caso analisado, apresentou um retorno positivo, logo viável. Analisando a instalação conjunta dos dois sistemas, verificou-se que, apesar do risco elevado, é possível recuperar o capital investido.

Palavras-chave: Análise econômica. Aquecimento solar. Aproveitamento de águas pluviais.

ABSTRACT

MARTINAZZO, Michel. Economic Analysis of the Implementation and Use of Harnessing Solar Energy and Stormwater Systems in a Single Family Residence. 2014. 104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2014.

In Brazil, sustainable buildings are still somewhat debated topic, which hinders the insertion of new construction methods and use of new technologies. The solar heating and rainwater utilization water are not new technologies, but their use has been spreading gradually, which put them among the most popular among sustainable solutions applied in construction. For lack of incentive, the system of photovoltaic power generation in Brazil is still far from motivating people to adopt it in residential projects, for this reason, the present work is to present the features and operation of the three most popular systems (solar heating, power generation through photovoltaic panels and rainwater harvesting), and, based on designs of a specific home, provide for the installation of the first two, running survey of costs involved in both, and predicting the economies (income) generated by each. Following with the data collected, there was an economic analysis by considering the effects of inflation and a hurdle rate (equivalent to the savings accounts) where calculated return indicators (VPL, VPLa, IBC and ROIA) were and risk indicators (TIR, payback, TMA / TIR and payback / N ratio) of the project, which allowed us to assess the economic viability of ourselves as an investment project. The result showed that the use of solar heating system is not a viable option when used alone, however, the system utilization of rainwater, in the analyzed case had one as soon feasible positive return. Analyzing the joint installation of both systems, we found that you can recover the capital invested without taking high risks.

Keywords: Economic Analysis. Solar Heating. Rainwater harvesting.

À meu pai José Luiz Martinazzo, e à minha mãe Inês Bisolo Martinazzo, meus eternos amores.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender todas as pessoas que fizeram parte de minha caminhada até aqui. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas de que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida, pela saúde, e por permitir que eu tenha ao meu lado todas as pessoas que amo.

Reverencio à todos os professores da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Pato Branco, por todo o conhecimento transmitido no decorrer desses 5 anos, em especial à Professora Dra. Elizângela M. Siliprandi, e ao Professor Dr. José Donizetti de Lima pela dedicação e orientação deste trabalho. Aos membros da banca examinadora, Professor Me. José Valter Monteiro Larcher e Professor Me. Luiz Carlos Scheitt pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Gostaria de deixar registrado também o profundo agradecimento à minha família, namorada e amigos, pois sem o apoio deles seria muito mais difícil vencer este desafio. É pela presença de vocês que minha vida tem sentido.

E por último, mas não menos importantes, gostaria de agradecer ao povo brasileiro, por financiar meus estudos. Aos colegas, por todos os momentos de alegria e apreensão compartilhados. Ao amigo Maximiliano Nicloti (Pipiolo) pela disponibilidade e colaboração dada ao trabalho. E não poderia esquecer também dos meus professores do ensino básico, que tiveram papel importante na caminhada até a universidade. À todos, o meu MUITO OBRIGADO!

“A personalidade tem o poder de abrir portas,
mas é o caráter que as mantém abertas”

Autor Desconhecido

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Sistema de aquecimento de água por energia solar | 21 |
| Figura 2 - Diferentes faixas do espectro de radiação de acordo com o comprimento de onda | 22 |
| Figura 3 - Radiação solar no Brasil – média anual típica | 24 |
| Figura 4 - Coletor solar de placa plana e seus principais componentes | 25 |
| Figura 5 - Corte do tubo coletor a vácuo tipo <i>heat-pipe</i> | 26 |
| Figura 6 - Aquecedor solar de água com tubos a vácuo tipo <i>water-in-glass</i> | 27 |
| Figura 7 - Corte do coletor a vácuo tipo U-tube..... | 28 |
| Figura 8 - Aspectos característicos de células de silício cristalino | 32 |
| Figura 9 - Influência da radiação solar na operação do módulo fotovoltaico..... | 33 |
| Figura 10 - Influência da temperatura na operação do módulo fotovoltaico..... | 33 |
| Figura 11 - Esquema de um sistema fotovoltaico isolado | 35 |
| Figura 12 - Constituição básica de um sistema conectado a rede | 35 |
| Figura 13 - Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m ² | 42 |
| Figura 14 - Desviador de água dos primeiros escoamentos | 43 |
| Figura 15 - Freio de água | 46 |
| Figura 16 - Conjunto flutuante de sucção..... | 46 |
| Figura 17 - Sifão extravasor | 46 |
| Figura 18 - Comportamento do VPL em função da taxa de desconto..... | 53 |
| Figura 19 - Fluxograma relativo às etapas do trabalho | 56 |
| Figura 20 - Grelha hemisfer flexível | 63 |
| Figura 21 - Vazão de trabalho da motobomba em função dos m.c.a. | 64 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Consumo médio per capita de água por região do Brasil em 2011 | 39 |
| Tabela 2 - Consumo médio per capita de água por estado na região Sul em 2011 .. | 39 |
| Tabela 3 - Estimativa de gastos com o sistema de aquecimento auxiliar | 61 |
| Tabela 4 - Estimativa da economia gerada pelo consumo | 62 |
| Tabela 5 – Estimativa da economia de água..... | 66 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 14 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 14 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 2 HISTÓRICO DA PREOCUPAÇÃO SUSTENTÁVEL..... | 18 |
| 3 APROVEITAMENTO DA LUZ SOLAR COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA..... | 21 |
| 3.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DA ÁGUA..... | 21 |
| 3.1.1 Parâmetros Astronômicos e Meteorológicos | 22 |
| 3.1.2 Aproveitamento Térmico da Energia Solar | 23 |
| 3.1.3 Componentes do Sistema de Aquecimento Solar da Água | 24 |
| 3.1.3.1 Tipologias | 24 |
| 3.1.3.2 Coletores Solares Planos | 25 |
| 3.1.3.3 Coletores de Tubos a Vácuo | 26 |
| 3.1.3.4 Reservatórios Térmicos | 29 |
| 3.1.3.5 Sistemas de Aquecimento Auxiliar..... | 29 |
| 3.1.3.6 Controles e Acionamentos..... | 30 |
| 3.2 SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 31 |
| 3.2.1 Células Solares Fotovoltaicas..... | 31 |
| 3.2.2 Módulo Fotovoltaico..... | 32 |
| 3.2.3 Sistemas Fotovoltaicos..... | 34 |
| 3.3 ESTRATÉGIAS DE INCENTIVO..... | 36 |
| 4 GESTÃO DA ÁGUA | 39 |
| 4.1 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS | 40 |
| 4.1.1 Área de captação..... | 40 |
| 4.1.2 Dispositivos de descarte de sólidos | 41 |
| 4.1.3 Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos..... | 42 |
| 4.1.4 Reservatórios de armazenamento de água de chuva..... | 43 |
| 4.1.5 Dispositivos de proteção sanitária dos reservatórios de acumulação de água de chuva | 45 |
| 5 ANÁLISE ECONÔMICA | 47 |

| | |
|---|------------|
| 5.1 ORÇAMENTAÇÃO | 47 |
| 5.1.1 Custos..... | 47 |
| 5.2 ENGENHARIA ECONÔMICA | 48 |
| 5.2.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA) | 48 |
| 5.2.2 Inflação | 49 |
| 5.2.3 Indicadores de Viabilidade Econômica | 50 |
| 6 METODOLOGIA | 55 |
| 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 57 |
| 7.1 APRESENTAÇÃO DA RESIDÊNCIA..... | 57 |
| 7.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DA ÁGUA..... | 57 |
| 7.2.1 Projetos..... | 57 |
| 7.2.2 Levantamento de Custos e Receitas | 59 |
| 7.2.2.1 Instalação | 59 |
| 7.2.2.2 Operação | 59 |
| 7.2.2.3 Manutenção | 61 |
| 7.2.2.4 Receitas..... | 61 |
| 7.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS | 62 |
| 7.3.1 Projetos..... | 62 |
| 7.3.2 Levantamento de Custos e Receitas | 63 |
| 7.3.2.1 Instalação | 63 |
| 7.3.2.2 Operação | 64 |
| 7.3.2.3 Manutenção | 65 |
| 7.3.2.4 Receitas..... | 65 |
| 7.4 ANÁLISE ECONÔMICA..... | 66 |
| 7.4.1 Indicadores | 66 |
| 7.4.2 Análise e discussão dos resultados | 69 |
| 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 72 |
| REFERÊNCIAS..... | 74 |
| APÊNDICES | 83 |
| ANEXOS | 100 |

1 INTRODUÇÃO

No período clássico, Vitruvius afirmava que a arquitetura tinha três funções básicas que deveriam ser equilibradas: a beleza, a utilidade e a segurança estrutural. Atualmente, a arquitetura começou a ser vista como importante passo para a eficiência energética da edificação, ou seja, o modo de projetar também assume um importante papel no desempenho ambiental da edificação (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Nas últimas décadas, muitas reuniões e conferências acerca da sustentabilidade têm acontecido e, embora alguns países tenham colocado em primeiro plano os interesses econômicos próprios, tem-se obtido grandes avanços em vários deles, já que muitos governos estão considerando a sustentabilidade como um tema central para direcionar o seu desenvolvimento, produzindo leis e incentivos para edificações que sejam projetadas considerando variáveis que as deixem mais sustentáveis (GOULART, 2013).

Para Angulo *et al.* (2002) a construção sustentável, conceito oriundo das discussões sobre a Agenda 21, visa: melhorar as condições ambientais para as gerações futuras; diminuir a poluição; economizar energia e água; readequar toda a cadeia produtiva, desde a extração de matéria prima; reduzir a liberação de materiais perigosos no ambiente; levar em consideração os processos construtivos, elevando assim o nível de saúde e segurança dos trabalhadores; ampliar a qualidade e reduzir o custo das construções.

Segundo PIT (2012), aqui no Brasil essas discussões estão em nível pouco avançado e a resistência maior está na maximização do custo que teoricamente as construções sustentáveis provocariam, em função do uso de tecnologias limpas e elementos voltados para a sustentabilidade do empreendimento. No entanto, é necessário entender que os avanços tecnológicos e a superação de paradigmas, além de criar novos modos de relacionamento com as cidades, também concorrem para a redução de custo ao longo do tempo.

De acordo com Pinheiro (2002), aperfeiçoar projetos e processos na indústria da construção civil, buscando desenvolver com sustentabilidade, pode proporcionar maior eficiência minimizando custos de produção e manutenção. Desta

forma, esse autor defende a ideia de que mudar de consciência, em nível global, se tornou essencial para a sobrevivência dos seres vivos e do próprio planeta, que demonstra transformações ambientais devido ao desequilíbrio ocasionado por sistemas produtivos intensos e poluidores, além da exploração não racional dos recursos naturais existentes.

Neste contexto, é proposto neste Trabalho de Conclusão de Curso a implantação dos sistemas de gestão do uso de água e energia em uma residência. Utilizando como base um projeto de uma residência unifamiliar concebido com a ideia de possuir sistemas que favoreçam a economia de água e energia, o trabalho busca apresentar a caracterização desses sistemas, juntamente com o levantamento dos custos envolvidos em cada um, e posterior desenvolvimento de uma análise econômica com base nos valores obtidos, relacionados a instalação, manutenção e operação, a fim de constatar a viabilidade econômica das suas aplicações.

Assim sendo, o trabalho ficou estruturado da seguinte maneira: o Capítulo 1 compreende a introdução, na qual se faz a contextualização do trabalho e apresentam-se os objetivos gerais, os específicos, e a justificativa do trabalho; os Capítulos 2, 3, 4 e 5 apresentam a revisão bibliográfica do tema proposto, mostrando um breve histórico acerca da sustentabilidade; as estratégias de incentivo existentes no país e no mundo em relação à implantação de sistemas de gestão de energia elétrica, e a caracterização dos sistemas de gestão do uso de água e energia mais populares, de forma a demonstrar seus modos de funcionamento, e também uma abordagem aos conceitos básicos de orçamentação e de engenharia econômica; Capítulo 6, a metodologia utilizada para realização do trabalho; Capítulo 7 são apresentados os projetos concernentes à cada sistema, os respectivos custos e receitas, e a análise econômica em relação aos mesmos; Capítulo 8, as considerações finais do estudo e, por fim, são elencadas as referências utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise econômica da implantação e utilização de sistemas de gestão de energia e de água em uma residência unifamiliar, baseados no uso energia solar e no aproveitamento da água das chuvas.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Resgatar informações sobre o surgimento da preocupação acerca da sustentabilidade no mundo;
- ✓ Descrever e caracterizar os sistemas empregados na gestão de energia e recursos hídricos em residências;
- ✓ A partir dos projetos de instalações hidrossanitárias pré-estabelecidos, realizar as adaptações necessárias aos projetos para a análise, referentes aos sistemas de utilização da energia solar e de aproveitamento de água das chuvas;
- ✓ Levantar os custos envolvidos na implantação e utilização de cada sistema;
- ✓ Estimar as receitas a serem geradas por cada sistema;
- ✓ Realizar a análise econômica dos custos envolvidos em ambos os sistemas, a fim de testar a viabilidade, ou não, dos investimentos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Não é de hoje a preocupação do ser humano com a preservação do meio ambiente. Registros indicam que, no decorrer dos últimos séculos, o fator meio ambiente já era levado em conta em algumas decisões tomadas pelo homem, mesmo sendo pouco relevantes. Porém, somente nas últimas décadas, é que o

tema tomou proporções globais, e desde então tem se intensificado cada vez mais as discussões acerca da sustentabilidade.

Dados do projeto “Reciclar para Construir”, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP, 2013), apontam que a indústria da construção civil é o maior gerador de resíduos sólidos de toda a sociedade, sendo também responsável por entre 15 e 50% do consumo dos recursos naturais extraídos e chegando, no caso de madeiras naturais, a 2/3 de toda a quantidade extraída. Além disso, o setor consome 1/3 de toda a energia produzida no mundo, sendo que esta é gerada na sua grande maioria por fontes de combustíveis fósseis não renováveis que estão se tornando cada vez mais reduzidas e, juntamente com os resíduos da conversão desses recursos em energia, têm provocado um impacto ambiental negativo alto, como o efeito estufa, que desencadeia o aquecimento global.

Conforme documento emitido pela Organização das Nações (ONU, 2012) na Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável – também conhecida como Rio+20 – pretende-se, até o ano 2030, investir na aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável em áreas prioritárias como a água, energia, cidades, florestas e biodiversidade, e tendo como algumas de suas metas: promover a eficiência hídrica, transformar o tratamento e uso das águas de esgoto em um recurso, dobrar a participação da energia renovável na matriz energética global (que atualmente é de 14%), bem como incentivar o planejamento e construção de cidades sustentáveis, com edifícios mais verdes, melhor qualidade do ar e água, redução de dejetos e ampliação da resistência climática.

Devido à contribuição do setor da construção civil na transformação do meio, percebeu-se a necessidade do mesmo absorver os princípios da sustentabilidade e englobá-los em todas as áreas que de alguma forma têm envolvimento no ciclo de vida de uma edificação, de modo a aumentar sua eficiência, no uso de energia, água, materiais, e reduzir o impacto da construção sobre a saúde humana e o ambiente, por intermédio da melhor localização, projeto, construção, operação, manutenção e remoção. Porém essa adaptação é gradativa, pois os elevados custos envolvidos ainda são uma barreira para o mercado consumidor e, desta forma, não favorecem a consolidação do uso de novas técnicas por engenheiros e construtores.

Segundo Goulart (2013), um projeto sustentável deve ser ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável. Desta forma, através de um

estudo comparativo a ser realizado em uma residência unifamiliar, pretende-se avaliar a viabilidade do investimento a ser realizado para que a edificação possua e mantenha em operação um sistema de aproveitamento da luz solar e outro de aproveitamento de água das chuvas, e assim também colabore com sua parcela na luta pelos objetivos mundiais de preservação do meio ambiente.

De acordo com o PNE - Plano Nacional de Energia - 2030 (PNE, 2007), em 2030, o consumo de energia elétrica poderá se situar entre 950 e 1250 TWh/ano, o que exigirá a instalação de uma potência hidrelétrica adicional expressiva. Mesmo que se dê prioridade absoluta à expansão da oferta por meio de hidrelétricas, esse horizonte poderia não ser suficiente para atender à demanda existente de energia. Esse quadro liga o alerta para uma possibilidade de esgotamento a longo prazo do potencial hidrelétrico nacional. Dessa forma, seria válido admitir que outras fontes devem compor essa expansão, aproveitando-se da diversidade de características existentes, buscando-se assegurar o abastecimento e atingir custos e impactos ambientais mínimos.

O sistema fotovoltaico é uma tecnologia que tem destaque por seu potencial de contribuir para a melhoria da eficiência e da segurança do abastecimento elétrico no país. Porém, segundo o PNE 2030 a expansão desse nicho ainda depende de incentivos, sendo que a maior dificuldade para a utilização dos sistemas fotovoltaicos no Brasil reside no custo das células fotovoltaicas.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014), o Brasil, por sua localização e extensão territorial, recebe energia solar correspondente a 50 mil vezes o seu consumo anual de eletricidade, e que, apesar disso, possui poucos equipamentos de conversão de energia solar em outros tipos de energia, que poderiam estar operando e contribuindo para diminuir a pressão para construção de barragens para hidrelétricas, desmatamentos para produção de lenha, incineração de combustíveis fósseis e construção de usinas atômicas. Além disso, poderia também aumentar a 'renda média' da população assalariada das classes mais baixas (na medida em que reduz a conta de energia elétrica). Mas, será que os custos de instalação e operação permitem que o usuário obtenha de fato retorno financeiro ao utilizar um sistema de aquecimento solar?

Estudos relacionados aos usos finais da água nas edificações residenciais demonstram que o vaso sanitário e o chuveiro são os principais responsáveis pelo

consumo de água. Além disso, uma parcela significativa está destinada a fins sem a necessidade do uso de água potável, tais como em descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavagem de roupas, lavação de automóveis e calçadas. O uso para fins não potáveis pode representar em torno de 50% da água utilizada nas edificações. Em vista disso, uma interessante prática na busca pela sustentabilidade seria promover o uso de fontes alternativas de modo a atender o consumo de todos os pontos de água com fins não potáveis (LABEEE, 2010a).

Portanto, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o uso racional da água na habitação, por meio de práticas e medidas como as referentes a sistemas de aproveitamento da água de chuva, vem contribuir para a conservação dos recursos hídricos, o que justifica seu estudo neste trabalho.

2 HISTÓRICO DA PREOCUPAÇÃO SUSTENTÁVEL

Desde a Antiguidade, demonstrações de alguma preocupação com a natureza foram registradas pela história, porém são poucos casos onde efetivamente alguma medida foi tomada para protegê-la. Entre os melhores exemplos a serem lembrados, pode-se citar os babilônios, que possuíam leis voltadas para a proteção das margens dos rios e canais, e os egípcios, que puniam àqueles que cortassem árvores sem a autorização do Estado e promoviam o desenvolvimento de programas de reflorestamento em terras devastadas, propriedades públicas, nas margens do Nilo e de canais (DEACON,1999).

Segundo Brennanelo (2011), os antigos gregos somente demonstravam alguma preocupação com a natureza quando algum dano causado a ela trouxesse como consequência algum prejuízo às pessoas. Platão deixou um registro sobre o desmatamento que ocorria em seu tempo dizendo que “o que hoje resta (de florestas) comparado com o que havia é como o esqueleto de um homem doente: toda a gordura e a carne tenra se foram, deixando apenas a moldura nua da terra” (WILLIAMS, 2000, p.35).

Muitos anos mais tarde, a eclosão da agricultura e de novas técnicas construtivas acelerou o desenvolvimento da sociedade. Somando a isso a evolução gradativa do pensamento humano, que acontece naturalmente, alcança-se mais um período marcante na história do ambientalismo: a Revolução Industrial. Ocorrida no século XVIII, representa grandes mudanças em relação ao consumo de recursos naturais, os quais passam a ser utilizados não apenas como requisito à subsistência humana, mas também na produção voltada ao comércio, que evoluiu freneticamente passando a exigir cada vez maiores índices de produção, uso e descarte de produtos. Contudo, essa evolução contínua também trouxe consequências, algumas das quais ainda persistem nos dias de hoje, como o aumento da poluição, degradação ambiental, êxodo rural e crescimento desordenado das grandes cidades (LEITE, 2011).

Segundo Cavalcanti et al (1994), na década de 60 já existiam, de forma esparsa, debates sobre a questão ambiental e, com a densidade que o assunto ganhou na década seguinte, realizou-se em 1972 a Conferência de Estocolmo, a primeira grande discussão internacional a respeito do tema, a qual fez alusão à

necessidade de um critério e de princípios comuns que oferecessem aos povos inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano. Fizeram parte da pauta o volume da população absoluta global, a poluição atmosférica e a intensa exploração dos recursos naturais.

De acordo com Braga et al. (2005), em 1984 a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da coordenadora Gro Harlem Brundtland, foi responsável pela formação da 'Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente', a qual estudou por três anos consecutivos os embates relacionados aos progressivos problemas ambientais e as necessidades quase desesperadoras das nações em desenvolvimento. No ano de 1987, em seu relatório final intitulado "Nosso Futuro Comum" – também conhecido por Relatório Brundtland – a comissão definiu o conceito de desenvolvimento sustentável como "atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem também às suas" (FUNDAÇÃO, 1991, p.9). Além disso, o relatório também deu ênfase especial às consequências negativas da pobreza sobre o meio ambiente, adotando uma clara postura de conjugação da proteção do meio ambiente com o desenvolvimento dos povos.

Vinte anos após a Conferência de Estocolmo, despontava a necessidade de realizar uma avaliação do progresso obtido com desenvolvimento dos programas de proteção ambiental desde então. Desta forma, em 1992, a Assembleia-Geral convocou, com a intenção de ter o maior índice de participação possível, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida por Eco-92, realizada no Rio de Janeiro. Com a participação recorde de 178 nações, duas convenções foram determinadas: a primeira estabeleceu normas visando a redução da emissão de gases na atmosfera, visto a grande preocupação acerca do aumento da temperatura na Terra. Já a segunda, sobre a biodiversidade, trouxe como pressuposto básico a conservação máxima da diversidade biológica, para benefício das presentes e futuras gerações, conforme o conceito de desenvolvimento sustentável que foi a base de todos os documentos adotados em 1992 (BORGES, 2003).

Ainda segundo Borges (2003), mais dois documentos importantes foram criados na Eco-92: a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que estabeleceu princípios básicos (27, ao todo) para uma política mundial de meio

ambiente e orientou a erradicação da pobreza em virtude da grande preocupação relacionada à disparidade existente entre as nações, e a Agenda 21, que trata-se de um longo documento onde está contido um plano de ação estratégico que busca promover um novo padrão mundial de desenvolvimento, e traz um roteiro de ações concretas de curto, médio e longo prazos, com metas, recursos e responsabilidades definidas. Mesmo não sendo de caráter obrigatório tem se verificado ampla adesão dos países signatários, o que tem favorecido o estabelecimento de novas posturas diante do uso dos recursos naturais.

Em 2002, a cidade sul-africana de Johannesburgo recebeu a conferência Rio +10. Nela, pretendia-se verificar os avanços obtidos em 20 anos pelos países participantes da ECO 92 e rever os objetivos estabelecidos. Porém, o total direcionamento da conferência para debates de cunho social resultou em poucos resultados práticos. Suas principais conquistas foram: a rediscussão da Agenda 21, a busca por colocá-la em prática e a criação da ideia de responsabilidade ambiental por parte dos cidadãos (GUIA..., 2010).

Vinte anos após a Eco92, o Rio de Janeiro voltou a receber governantes e sociedade civil de diversos países para discutir planos e ações para o futuro do planeta. A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, que ocorreu na cidade de 13 a 22 de junho, foi a maior conferência da ONU já realizada, com ampla participação de líderes dos setores privados, do governo e da sociedade civil. Na entrevista coletiva de encerramento da Rio +20, dia 22 de junho de 2012, o Secretário-Geral da Rio +20, Sha Zukang, apresentou uma importante conquista da conferência: foram contabilizados 705 compromissos voluntários entre governos, ONGs e Major Groups – incluindo 500 empresas, indústrias, universidades, entre outros – nos eventos oficiais e paralelos realizados antes e durante a Conferência da ONU no Rio de Janeiro (RUSCHEL, 2012).

Fica evidente o movimento em prol da sustentabilidade, com o engajamento de muitos países, organizações e mesmo os setores privados, apesar disto, as ações parecem pontuais, com setores mais envolvidos na busca de soluções sustentáveis, como o caso da construção civil, onde a cada dia novas possibilidades ganham mais força dentro dos canteiros de obras, com processos, materiais e projetos desenvolvidos com objetivo de minimizar os efeitos possíveis ao meio ambientes, possibilitando o viés sustentável à edificação.

3 APROVEITAMENTO DA LUZ SOLAR COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

Neste tópico são apresentados os sistemas de maior popularidade no que diz respeito ao uso de energia solar, sendo um deles responsável pelo aquecimento da água, e outro por gerar energia elétrica.

3.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DA ÁGUA

Energia solar, é a denominação dada à captação de energia luminosa proveniente do Sol (seja qual for o tipo) e posterior transformação dessa energia captada de modo que seja aproveitável para o homem. A energia solar pode ser destinada ao aquecimento de água para uso domiciliar, industrial ou também para a geração de energia, com o uso de coletores solares (DIAS, 2005).

A Figura 1 apresenta um esquema básico de um sistema de aquecimento de água por energia solar.

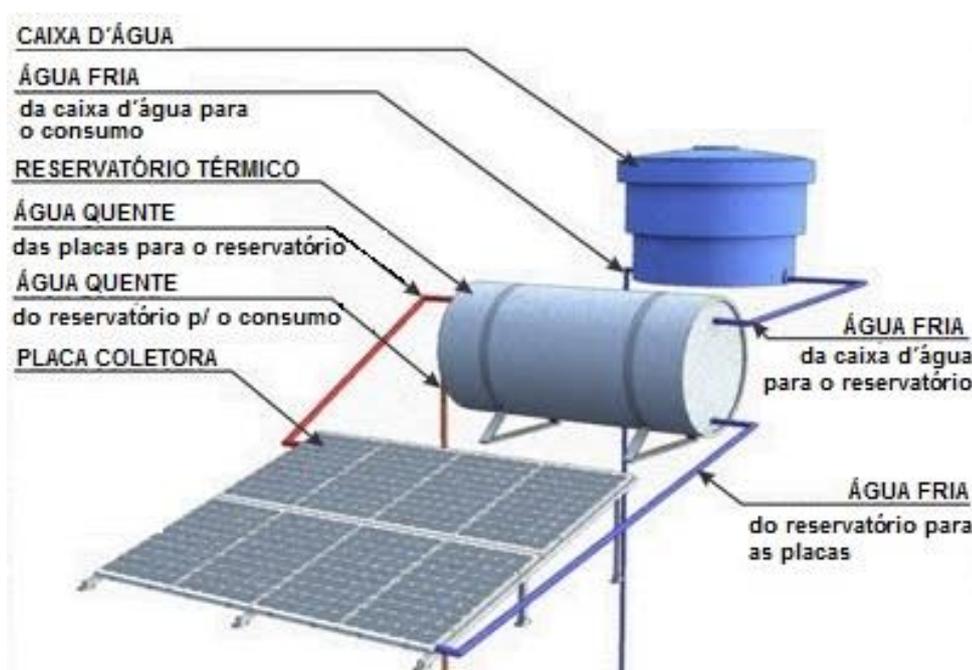


Figura 1 - Sistema de aquecimento de água por energia solar
Fonte: Solar Minas, 2013.

3.1.1 Parâmetros Astronômicos e Meteorológicos

A energia irradiada pelo sol possui intensidades diferentes, que variam em razão do comprimento de onda emitido, sendo esta conhecida como característica espectral. A energia irradiada pelo sol encontra-se, em sua maior parte, na faixa do espectro que vai de 0,3 a 3 μm , que efetivamente será transformada em calor pelos coletores solares (LABEEE, 2007b). A Figura 2 mostra as diferentes faixas do espectro de radiação.

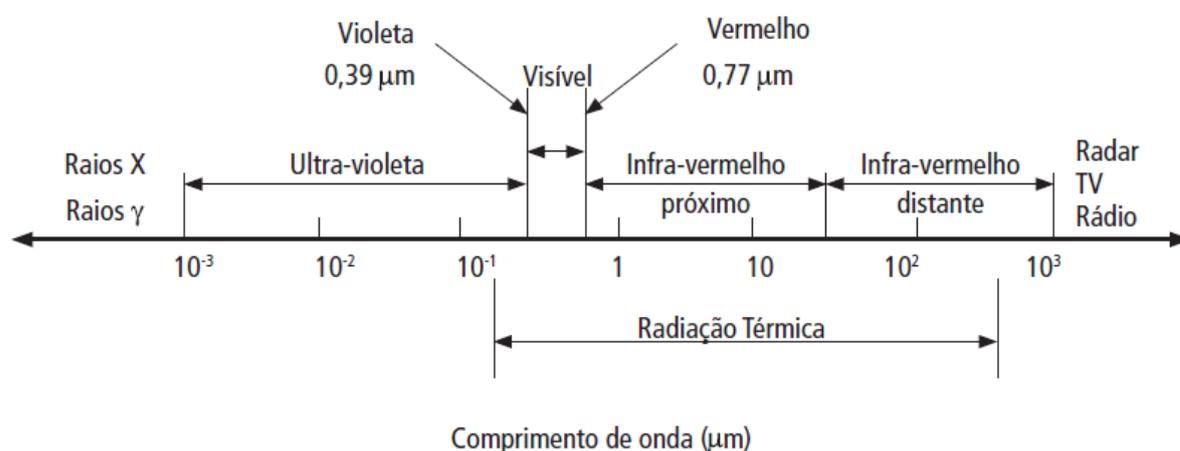


Figura 2 - Diferentes faixas do espectro de radiação de acordo com o comprimento de onda
Fonte: LABEEE, 2007b.

A intensidade do poder irradiador do sol, quando medida à distância média entre o Sol e a Terra em uma área unitária perpendicular à direção de sua propagação é descrita como constante solar, possuindo, segundo a NBR 10184 (ABNT, 1988) o valor médio de 1.353 W/m^2 . A quantidade de radiação que realmente chega em uma área unitária na superfície terrestre diverge da constante solar, variando sua intensidade em função da hora do dia, da latitude, das condições atmosféricas, da cobertura de nuvens e das estações do ano (FINEP, 2007).

A irradiação solar, ao transpor a atmosfera terrestre, decompõe-se entre duas parcelas: a direta e a difusa. A irradiação direta é a porção que atinge diretamente a Terra, sendo amenizada pela transmitância da atmosfera. A irradiação difusa é a aquela que sofre uma dispersão pelas nuvens e pelas partículas da atmosfera, sendo refletida na abóbada celeste e nas nuvens e reirradiada para a

Terra. A totalidade da irradiação das parcelas direta e difusa é conhecida como irradiação solar global, sendo o seu valor utilizado para estimar o desempenho da instalação. Desta forma pode-se dizer que a irradiação solar global é um dos parâmetros fundamentais para o projeto de sistemas de aquecimento solar (LABEEE, 2007b).

3.1.2 Aproveitamento Térmico da Energia Solar

Tradicionalmente, o sistema de aquecimento de água, por meio da energia solar, é basicamente constituído pelo coletor solar, reservatório térmico e componentes, que incluem também uma fonte auxiliar de energia e uma rede de distribuição de água quente. O reservatório térmico é necessário pelo fato de que, normalmente, os horários em que a água quente é mais utilizada, são aqueles com baixa insolação. No caso de habitações residenciais, o consumo de água quente ocorre principalmente das 18 às 20 horas, mas a geração de água quente ocorre durante o dia (FINEP, 2007).

Apesar do território brasileiro estar situado, em sua maior parte, em uma região tropical, com alta disponibilidade de irradiação solar, os locais que possuem maior demanda de energia para aquecimento de água são as regiões sul e sudeste, cujo potencial solar disponível é menor, conforme pode ser visualizado na Figura 3. Em função disso, é necessário maximizar o aproveitamento da energia solar, posicionando corretamente os coletores de modo que a demanda por energia térmica para aquecimento da água seja suprida pela quantidade de energia solar captada. No hemisfério sul, para melhor aproveitamento da energia solar disponível, os coletores são posicionados voltados para o norte, com uma inclinação em relação à horizontal igual à latitude local, porém é usual inclinar a placa em cerca de 10° a mais para otimizar a captação durante os meses de inverno (STRADULIS, 2013).

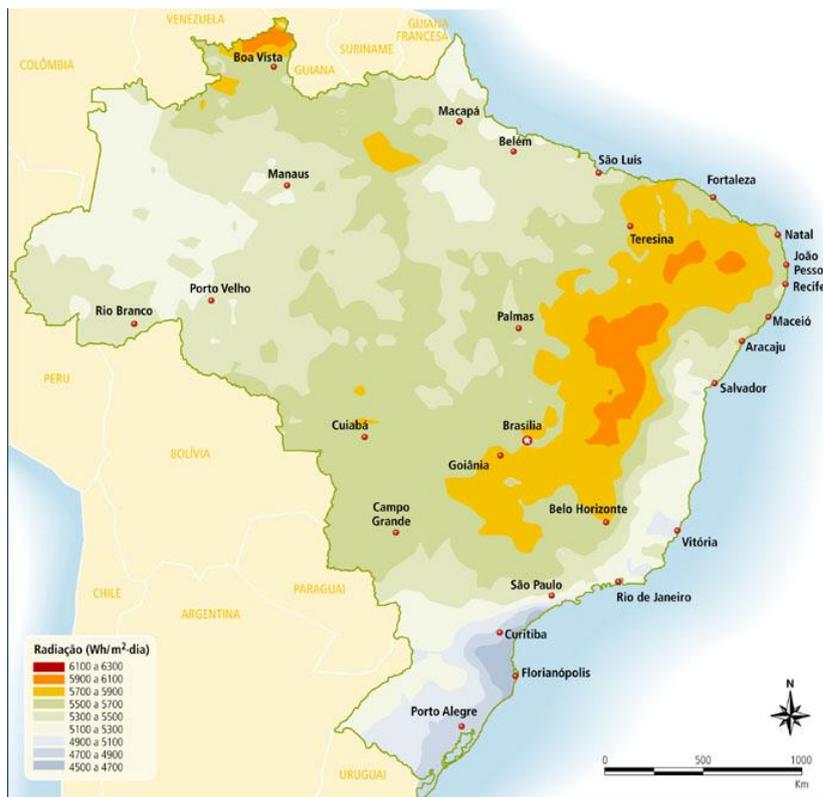


Figura 3 - Radiação solar no Brasil – média anual típica
Fonte: ANEEL, 2002.

3.1.3 Componentes do Sistema de Aquecimento Solar da Água

3.1.3.1 Tipologias

Os sistemas de aquecimento solar de água são basicamente constituídos por coletores solares, reservatório térmico, fonte auxiliar de energia, sistemas de controle e rede de distribuição de água aquecida. A NBR 15569 (ABNT, 2008a) classifica os sistemas de aquecimento solar de diferentes formas: conforme o arranjo, circulação, regime, armazenamento, alimentação e alívio de pressão. Dentro dessa classificação destaca-se o tipo de circulação que pode ser passivo, quando a água circula exclusivamente por diferença de densidade, ou ativo, quando ocorre circulação forçada através de uma bomba (LABEEE, 2007b).

3.1.3.2 Coletores Solares Planos

Segundo Lima (2003, p.11), “o coletor é o dispositivo responsável pela captação da energia pelo sol e sua conversão em calor utilizável”. Os coletores podem ser divididos em: planos e de concentração.

O coletor plano possui como vantagens a sua durabilidade e fácil manutenção, tendo também uma boa relação de custo para a temperatura desejada, e simplicidade construtiva. Atualmente, é o modelo mais utilizado no setor residencial brasileiro, trabalhando com temperaturas para a água inferiores a 100°C (FINEP, 2007). Na Figura 4 pode-se observar os principais componentes em um coletor solar de placa plana.



Figura 4 - Coletor solar de placa plana e seus principais componentes
Fonte: LABEEE, 2007b.

Nos coletores solares de placa plana, a energia solar atravessa a cobertura de vidro sendo absorvida pela placa coletora, geralmente construída de cobre ou alumínio. É desejável que o material usado para recobrir a placa coletora possua propriedades óticas específicas para favorecer a máxima absorção da irradiação solar, e ao mesmo tempo fazer com que as perdas por emissão térmica sejam mínimas. A placa coletora funciona como uma aleta, transportando o calor do fluido

para uma serpentina de tubos de cobre conectada termicamente à placa por onde circula o fluido a ser aquecido. O isolamento situado nas laterais e na parte posterior da placa reduz as perdas térmicas para o ambiente, enquanto que a cobertura de vidro diminui as perdas por radiação e diminui a convecção sobre a placa coletora, conservando uma camada de ar estacionária sobre a mesma. Para não perder sua eficiência com relação à passagem da irradiação solar, a cobertura de vidro deve ser limpa regularmente (LABEEE, 2007b).

3.1.3.3 Coletores de Tubos a Vácuo

Os aquecedores com coletores de tubos a vácuo são ainda pouco conhecidos no Brasil, porém são muito usados na China e na Europa, por sua maior capacidade de permitir o aquecimento mesmo em dias nublados (radiação difusa), quando comparados com os coletores planos (GOERCK, 2008).

Nos coletores solares com tubos a vácuo tipo *fluid-in metal*, o fluido a ser aquecido pela radiação solar circula em um tubo metálico inserido em um tubo de vidro, viabilizando a sua utilização em altas pressões e temperaturas. Entre eles estão os tipos *heat-pipes* e *U-tube* (LIANG, 2011).

O coletor solar de tubo à vácuo com *heat-pipe* contém um tubo metálico como mostrado na Figura 5, devendo ser inclinado para funcionar eficazmente. Estes coletores geralmente usam o *heat-pipe* para transferir o calor para um tubo externo (*manifold*) situado no topo do coletor, onde circula a água a ser aquecida. O *heat pipe* é selado, e contém um fluido de alta volatilidade que, quando aquecido pela radiação, evapora e sobe. Ao atingir o topo, troca calor com a água que circula no *manifold* e condensa, reiniciando o ciclo (NORTON, 2006).

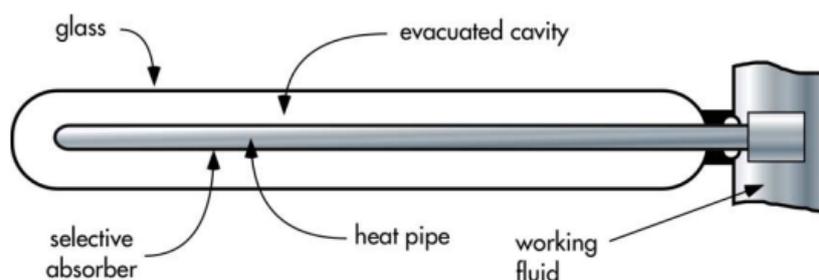


Figura 5 - Corte do tubo coletor a vácuo tipo *heat-pipe*
Fonte: Norton, 2006.

Diversos países estão investindo no aperfeiçoamento dos coletores tipo *heat-pipe*, devido as diversas vantagens apresentadas pelo mesmo, como sua resistência às altas pressões, fácil instalação e manutenção, por ser anti-congelamento, etc. Porém, na prática, a grande dificuldade é o desenvolvimento de um selo eficiente entre o vidro e o metal que mantenha o vácuo no decorrer da sua vida útil. Esse problema pode levar à formação de vapores não condensáveis no interior do tubo de vidro, diminuindo sua durabilidade (LIANDONG, 2010).

Um dos mais significativos foi o desenvolvimento do coletor solar de tubos evacuados tipo *all-glass* ou *water-in-glass* (Figura 6). O tubo evacuado consiste em dois tubos de vidro boro-silicato concêntricos, com suas extremidades inferiores fechadas. As bordas das pontas abertas dos tubos são seladas entre si e é feito vácuo no espaço anelar entre os tubos. Uma bateria destes tubos – geralmente entre 15 e 40 tubos – é conectada diretamente a um reservatório térmico horizontal, com a água circulando neste sistema por termossifão. Sua limitação é que só pode ser utilizado para um sistema de baixa pressão (BUDIHARDJO, 2009).

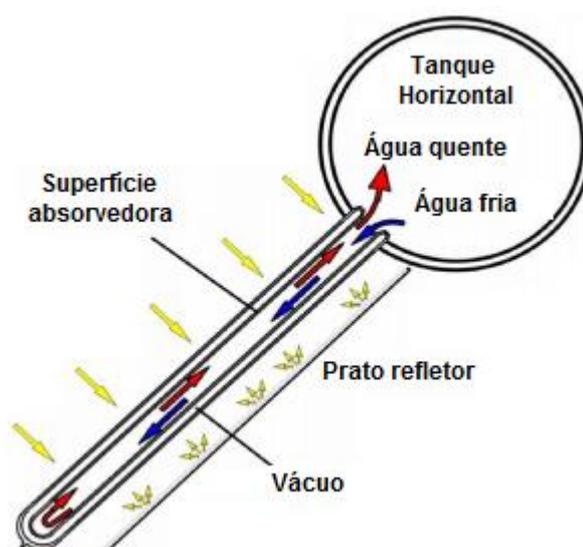


Figura 6 - Aquecedor solar de água com tubos a vácuo tipo *water-in-glass*
Fonte: Budihardjo, 2009.

A água tem contato direto com a superfície absorvedora de radiação solar, que é o tubo de vidro interno. A parte externa deste tubo é revestida externamente

por três camadas que absorvem e convertem o máximo de radiação solar e luz infravermelha em calor, com reduzidas emissões para o meio externo:

1 – uma camada de cobre metálico, que proporciona baixos níveis de emissões e altos níveis de transmissão térmica para o líquido refrigerante;

2 – uma camada de aço inoxidável para evitar a migração cruzada. Isto permite estabilidade da camada de cobre em temperaturas superiores a 400° C.

3 – uma terceira camada de nitreto de alumínio é aplicado simultaneamente na mistura de gás argônio e nitrogênio para produzir alta absorção da radiação solar (95%), com baixíssima emissividade resultante (5%) (NEWHOME, 2013).

O coletor de tubo a vácuo tipo U-tube (Figura 7) surgiu como uma alternativa com capacidade de suportar altas pressões, mantendo uma estrutura mais simples, quando comparado com os tipos *all-glass* e *heat pipe*. O U-tube é um tubo em forma de U onde circula o fluido de trabalho. Este tubo é soldado a uma fina lâmina de cobre de formato cilíndrico, a qual é encaixada dentro do tubo absorvedor interno. Assim, o calor vindo de todas as direções para o tubo absorvedor é conduzido para o U tube. Atualmente este tipo de coletor é muito mais utilizado que o tipo *heat tube*. Porém o *gap* de ar existente entre a lâmina de cobre e a parede do tubo absorvedor cria uma resistência térmica a ser considerada neste ponto, reduzindo a eficiência deste tipo de coletor (LIANGDONG, 2010).

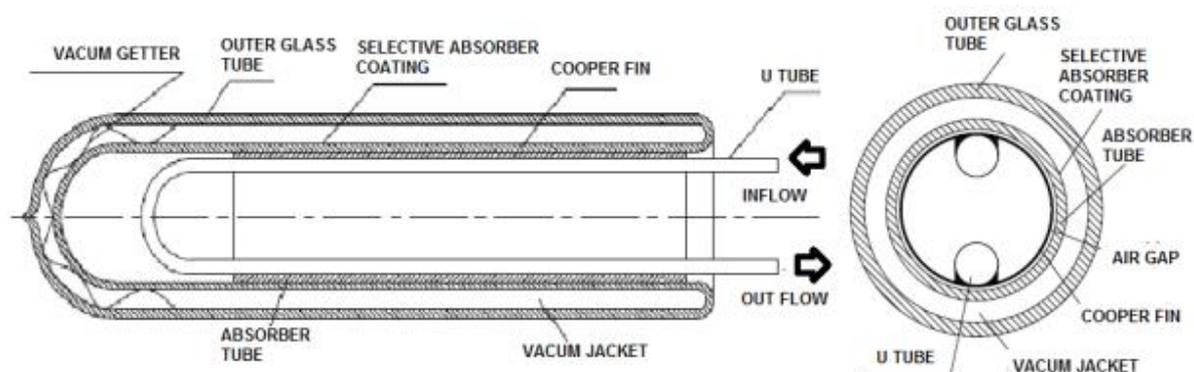


Figura 7 - Corte do coletor a vácuo tipo U-tube
Fonte: Liang, 2011.

Segundo Nicloti (2014), os aquecedores solares de tubo a vácuo têm uma maior eficiência que os coletores solares de placas planas, pois dependem menos da insolação, tendo bom desempenho mesmo em dias nublados, e também pelo formato cilíndrico dos tubos, seu rendimento é menos afetado que os coletores de

placas planas quando não podem ser instalados voltados para o norte geográfico. Outra vantagem seria a maior resistência dos tubos a baixas temperaturas (até 30 graus negativos). Porém, para evitar danos em qualquer época do ano, é necessário que o sistema esteja 100% do tempo abastecido com água.

3.1.3.4 Reservatórios Térmicos

O reservatório térmico é como uma caixa d'água especial que cuida de manter quente a água armazenada no aquecedor solar. Esses cilindros são feitos de cobre, inox, ou polipropileno e depois recebem um isolante térmico. A maioria dos modelos de reservatório térmico vem com sistema de aquecimento auxiliar elétrico, mas podem ser fabricados com sistema auxiliar a gás ou até mesmo sem esse recurso. O volume dos reservatórios térmicos é dimensionado de acordo com a previsão de utilização do sistema, quanto ao número de usuários, duração média e quantidade de banhos, quantidade de pontos de água quente, entre outros. (SOLETROL, 2013).

O reservatório possui grande influência no custo global, desempenho e confiabilidade do sistema. De acordo com Solar Minas (2013), ele deve ser instalado dentro da edificação, em altura inferior a caixa d'água e superior às placas coletoras, pois isso garante o fluxo da água sem mecanismos auxiliares. O reservatório deve responder, no mínimo, às exigências impostas a todos os reservatórios de água quente, onde deve ser respeitada a NBR 10185 – Reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar: determinação do desempenho térmico – de 2013 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.1.3.5 Sistemas de Aquecimento Auxiliar

Quando o tempo fica muito nublado ou chuvoso por vários dias, ou quando a casa recebe visitas e o número de banhos fica acima do dimensionamento inicial, corre-se o risco de não haver quantidade de água quente disponível para atender

toda a demanda naquele momento. Por esse fato, é necessário um sistema de aquecimento auxiliar, que pode ser elétrico ou a gás (SOLETROL, 2013).

No Brasil, a grande maioria dos sistemas funciona com resistências elétricas instaladas no interior do reservatório térmico, devido à simplicidade e ao baixo custo desse tipo de instalação. Porém, de acordo com estudo realizado por Neves (2013), sem um controle adequado dos horários de funcionamento da resistência, os gastos com energia elétrica se tornam muito elevados, e uma alternativa diferente seria a utilização de chuveiros eletrônicos de potência variável, que atuariam apenas com a quantidade de energia necessária para alcançar a temperatura desejada no momento do banho. No estudo de Neves (2013), essa opção representou uma economia de mais de 70% de energia elétrica em comparação a utilização automática da resistência elétrica.

3.1.3.6 Controles e Acionamentos

A função dos sistemas de controle e acionamento é garantir que o sistema de aquecimento solar funcione aproveitando ao máximo a energia solar disponível, ao mesmo tempo em que as demandas de aquecimento necessárias sejam atendidas. Basicamente, três controles são disponibilizados: acionamento do sistema de aquecimento auxiliar, acionamento da bomba de circulação para os coletores, e agenda de eventos. O acionamento do sistema de aquecimento auxiliar mais comum é um termostato ligado diretamente no reservatório térmico. Outra possibilidade é usar um controlador que habilita ou desabilita o fornecimento de energia para o sistema de aquecimento auxiliar de acordo com a temperatura medida no reservatório. Em ambos os casos é necessário manter uma diferença entre as temperaturas de acionamento e desligamento do aquecimento auxiliar para evitar que isso ocorra com uma frequência muito alta. O outro tipo, denominado agenda de eventos, anula a possibilidade de ligar o sistema de aquecimento auxiliar mesmo que a temperatura no reservatório térmico esteja abaixo da indicada pelo termostato. Isso serve para evitar um aquecimento desnecessário da água no reservatório em períodos em que não há consumo. (LABEEE, 2007b).

3.2 SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O Sol, além de ser uma fonte abundante de energia, também é uma energia renovável. O total de energia solar que incide sobre a superfície terrestre, em 24 horas, é superior à demanda energética mundial para um ano inteiro e, os chamados 'dispositivos fotovoltaicos' é que realizam a conversão da energia solar diretamente em eletricidade (LABEEE, 2007b). É importante ressaltar que somente a componente luminosa da energia solar (fótons) é útil para a conversão fotovoltaica, pois, como visto anteriormente, a componente solar (radiação infravermelha) é utilizada em outros tipos de aplicações, tais como o aquecimento de água.

Para se ter uma dimensão do potencial de geração da energia solar fotovoltaica, caso o lago de Itaipu fosse coberto com painéis fotovoltaicos (com 8% de eficiência global de conversão e assumindo a radiação solar da região do lago), a geração seria de 183 TWh/ano, o que representaria aproximadamente 45% do total consumido pelo Brasil em 2008 (RÜTHER, 2010).

3.2.1 Células Solares Fotovoltaicas

De acordo com Rüther (2004), as células solares fotovoltaicas são dispositivos construídos com materiais semicondutores, sendo que, as que são produzidas comercialmente, para uso terrestre, empregam principalmente duas tecnologias: uma baseada no silício cristalino na forma de finas fatias de silício (Si), com espessura entre 0,18 e 0,25mm, e outra baseada em filmes finos, que consiste na deposição de películas de diferentes materiais sobre uma base ou substrato. A tecnologia mais tradicional é a do silício cristalino (Figura 8), que representa 80-95% do mercado global atualmente (SILVA, 2013).

As células fotovoltaicas, devido a suas dimensões construtivas, apresentam baixa tensão e corrente de saída, tipicamente 3A e 0,7V para células de silício monocristalino. Sendo assim, agrupam-se várias células fotovoltaicas para compor um módulo fotovoltaico. Este arranjo geralmente é feito em série, para se obter uma tensão de saída mais elevada e compatível com as tensões de consumo, geralmente 12 ou 24V (COOPER, 2013).



Figura 8 - Aspectos característicos de células de silício cristalino
Fonte: LABEE, 2007a.

3.2.2 Módulo Fotovoltaico

Segundo Rüther (2004), em qualquer instalação solar fotovoltaica, o módulo solar fotovoltaico é a célula básica do sistema gerador, e são fabricados para: acomodar as células e as respectivas interligações elétricas, proporcionar suporte estrutural e proteção contra danos mecânicos e agentes ambientais externos, tais como o sol, chuva, ventos e outros agentes climáticos, com expectativa de operar nessas condições por 30 anos ou mais.

O mesmo autor cita que a quantidade de módulos conectados em série determina o valor da tensão de operação do sistema em corrente contínua. A corrente do gerador solar é definida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de *strings* (conjunto de módulos conectados em série). Já a potência instalada, normalmente especificada em corrente contínua, é dada pela soma da potência nominal dos módulos individuais.

Segundo Villalva (2012), além das características da carga conectada ao sistema, dois fatores são de fundamental importância na geração de energia a partir das células solares: a radiação solar, que tem influência diretamente proporcional na

corrente que o módulo solar fornece; e a temperatura, que, conforme ela aumenta, diminui a tensão fornecida pelo módulo solar. Nas Figuras 9 e 10 é possível observar a proporção da influência gerada pelos dois fatores.

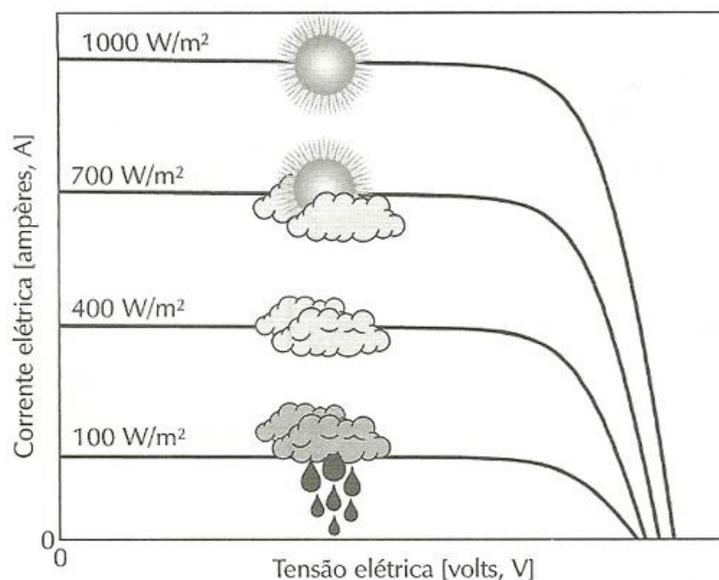


Figura 9 - Influência da radiação solar na operação do módulo fotovoltaico
Fonte: Villalva 2012.

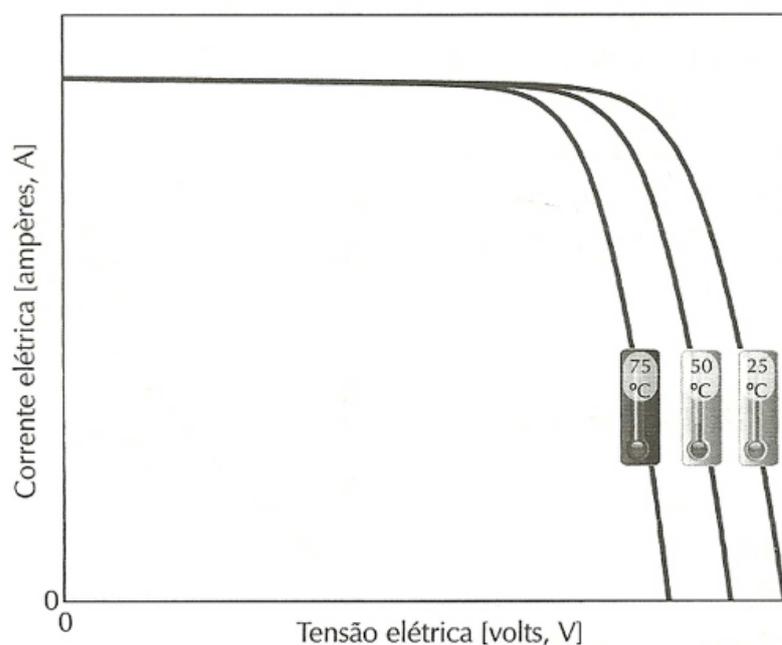


Figura 10 - Influência da temperatura na operação do módulo fotovoltaico
Fonte: Villalva, 2012.

Os módulos disponíveis no comércio, baseados no silício cristalino, apresentam eficiência de conversão da energia solar em energia elétrica, na faixa de

13% a 18%. A tecnologia de filme fino apresenta eficiência na faixa de 6 a 11%, dependendo do material semicondutor empregado. A eficiência propriamente dita se compreende na maior ou menor necessidade de área para obter uma mesma potência instalada de módulos fotovoltaicos (LABEEE, 2007b).

3.2.3 Sistemas Fotovoltaicos

Sistema fotovoltaico é a denominação que recebe o conjunto de elementos necessários para realizar a conversão direta da energia solar em energia elétrica, com características adequadas para alimentar aparelhos elétricos e eletrônicos, tais como lâmpadas, televisores, geladeiras e outros. De acordo com a NBR 11704, os sistemas fotovoltaicos são classificados em (ABNT, 2008b):

- **Sistemas isolados:** são aqueles que não possuem conexão com a rede elétrica pública de fornecimento de energia. Os sistemas isolados normalmente necessitam de um banco de baterias para armazenar a energia gerada e fornecê-la nos períodos nos quais não há radiação solar. Os sistemas fotovoltaicos que se enquadram neste caso usualmente têm os seguintes componentes principais: painel fotovoltaico, controlador de carga, banco de baterias e inversor, conforme pode-se visualizar na Figura 11. O controlador de carga é um aparelho eletrônico destinado a controlar e monitorar a carga e/ou a descarga do banco de baterias e o inversor é o aparelho que converte a tensão contínua, proveniente do painel fotovoltaico ou do banco de baterias, em tensão alternada, com características adequadas para alimentação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos comuns (RÜTHER et al, 2013).
- **Sistemas conectados à rede:** são aqueles efetivamente conectados à rede pública. Neste caso, a energia gerada é injetada diretamente na rede e não há necessidade de banco de baterias. Os sistemas conectados são constituídos basicamente de painel fotovoltaico e inversor, aos quais se somam os componentes de comando e proteção (chaves, fusíveis, disjuntores, etc.). A Figura 12 ilustra a constituição básica deste tipo de sistema no qual o inversor, ao detectar a presença da rede, converte a

tensão contínua vinda do painel fotovoltaico em tensão alternada, com o mesmo padrão de tensão, frequência e fase da rede elétrica à qual está conectado. A energia é injetada diretamente na rede elétrica e o inversor se desliga automaticamente, cessando o fornecimento, caso seja desconectado da rede ou a rede seja desenergizada (RÜTHER *et al*, 2013).

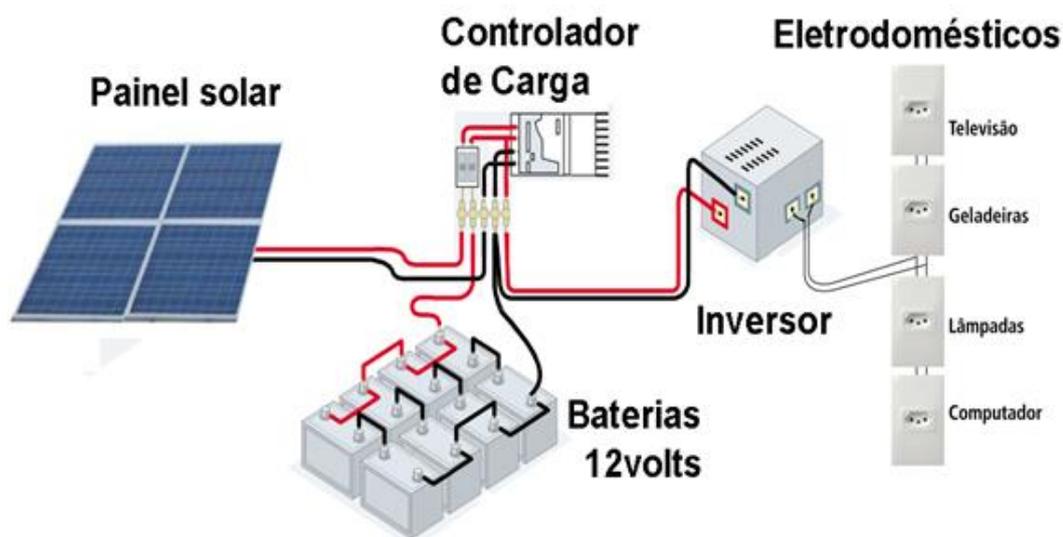


Figura 11 - Esquema de um sistema fotovoltaico isolado
Fonte: Projeto..., 2013.

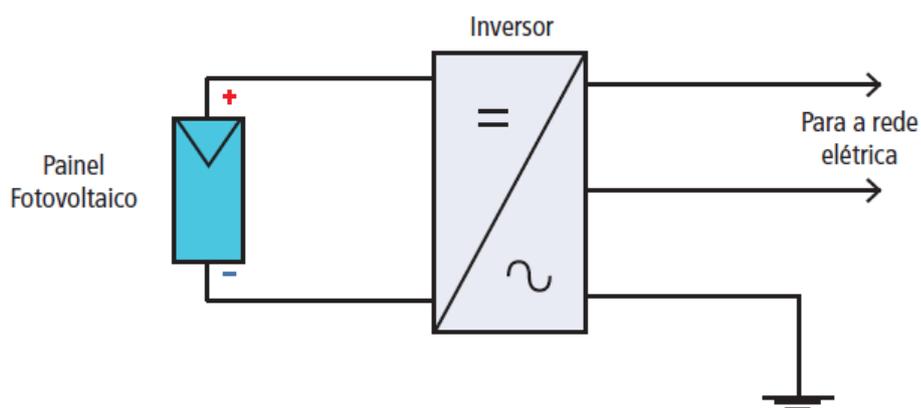


Figura 12 - Constituição básica de um sistema conectado a rede
Fonte: Ruther *et al.*, 2013.

Outro modo de instalar os sistemas fotovoltaicos conectados à rede é integrá-los às edificações urbanas, como casas e edifícios, na cobertura ou na fachada. Neste caso, a geração é descentralizada e ocorre junto ao ponto de

consumo, pois a energia gerada pode ser utilizada pela própria edificação. Caso haja geração que exceda o consumo, o excedente é enviado para a rede pública, sendo utilizado por outros consumidores. Quando a geração for insuficiente para atender ao consumo da edificação, a energia virá da rede elétrica pública. Esse tipo de sistema integrado a edificações evita as perdas de energia que normalmente ocorrem onde são necessárias linhas de transmissão para levar a energia gerada até os consumidores (LABEEE, 2007b).

Do ponto de vista de instalações elétricas e da construção civil, já se encontram facilmente no mercado os equipamentos e técnicas necessários para união entre os sistemas fotovoltaicos e as edificações, podendo o serviço ser executado sem qualquer problema de ordem elétrica (LABEEE, 2007b).

3.3 ESTRATÉGIAS DE INCENTIVO

O mercado mundial fotovoltaico cresceu exponencialmente nos últimos anos. Partindo de 135 MWp produzidos em 1998, chegou-se a 7.900 MWp em 2008, um aumento de aproximadamente 44 vezes em dez anos. Um dos principais fatores que impulsionaram tal crescimento foi o sucesso de programas de telhados solares em países como a Alemanha, Espanha e Japão. Nesses programas, sistemas fotovoltaicos são instalados na cobertura de edificações urbanas e são interligados à rede elétrica pública. O resultado de tais iniciativas foi que a participação dos sistemas conectados à rede no mercado fotovoltaico desses países passou de 22% em 1985 para 90% em 2008 (BRASIL – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

O Brasil já possui algumas experiências de incentivo às fontes renováveis de energia. A mais importante foi o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, conhecido como PROINFA. Criado em 2002, o PROINFA passou a funcionar em 2004 com o objetivo de aumentar a participação das fontes alternativas no Sistema Interligado Nacional. Em sua primeira fase, o programa fomentou as fontes eólica, biomassa, e PCHs, de modo a gerar ganhos de escala e aprendizagem tecnológica, ampliar a competitividade industrial do setor e, sobretudo, identificar e apropriar-se dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos de projetos de geração a partir dessas fontes. A energia produzida

com apoio do PROINFA é comprada pela Eletrobrás com contratos de 20 anos e valores pré-fixados. Os custos são repassados aos consumidores finais por meio das revisões tarifárias, com uso de um mecanismo estilo *feed-in*, que consiste no pagamento de uma tarifa mais vantajosa para as centrais geradoras que utilizam fontes renováveis de energia. Visando contribuir para a diversificação dos agentes do setor, o PROINFA exige a nacionalização de 60% dos custos de construção dos projetos, o que possibilita maior inserção de pequenos produtores de energia (WWF BRASIL, 2012).

Outra medida recente adotada no país foi o estabelecimento de incentivos à geração em pequena escala. Em abril de 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a Resolução Normativa N°482, que estabelece regras para um sistema de compensação de energia elétrica, também conhecido pelo termo em inglês *net metering*, e permite que consumidores possam gerar energia em suas próprias edificações e injetar o excedente gerado na rede de distribuição. A energia injetada na rede gera créditos de eletricidade que são deduzidos das faturas dos consumidores, com prazo de validade de 36 meses. As fontes elegíveis para esse tipo de geração são energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, com potência máxima de 1 MW. Para fazer parte do sistema, o consumidor precisa arcar com os custos de instalação, inclusive com a diferença entre o custo dos componentes do sistema de medição requerido para o sistema de compensação de energia elétrica e o custo do medidor convencional utilizado em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão. É importante ainda ressaltar que, para poder participar do Sistema de Compensação, os geradores instalados na unidade consumidora precisam se enquadrar como micro ou mini geração distribuída, conforme definido no Procedimento de Distribuição (PRODIST), o qual consiste em uma série de documentos elaborados pela ANEEL com objetivo de normatizar e padronizar as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2013).

Apesar do surgimento dessa nova opção, que consiste no sistema de compensação de energia elétrica, Lafay (2013) afirma que o uso de sistemas fotovoltaicos, quando visto como um investimento, ainda está longe de ser algo viável aqui no Brasil, pois além do alto custo que já existe com a compra dos equipamentos e mão de obra especializada, que traz um payback muito próximo à

sua vida útil, o sistema de proteção que a concessionária exige para poder fazer a ligação à rede, pode ser equiparado aos que são utilizados em pequenas centrais hidrelétricas, o que onera ainda mais a sua instalação. Outro fator a ser levado em conta, é que no modo de compensação praticado (já mencionado no parágrafo anterior), além de não ser possível receber monetariamente pela energia fornecida à rede, é cobrado Imposto Sobre Circulação de Mercadorias E Prestação de Serviços - ICMS sobre toda a energia que é devolvida ao proprietário.

Considerando a argumentação de Lafay (2013) no projeto base deste estudo, não se propôs a instalação do sistema fotovoltaico, o que foi determinante na escolha pela análise somente sobre uso do aquecimento solar, ao que se refere ao quesito energia.

4 GESTÃO DA ÁGUA

A água se constitui, atualmente, no fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, em face ao aumento gradativo da demanda e à contínua poluição dos mananciais, a disponibilidade per capita de água doce vem sendo reduzida rapidamente. Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água, e garantir um desenvolvimento econômico e social sustentável, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados. Nesse sentido, reuso, reciclagem, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas, nos fatores mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição (ANA *et al*, 2005).

De acordo com Netto *et al.* (1998), dentre os principais fatores que influenciam no consumo de água está o clima, o padrão econômico da população, o número de habitantes da cidade, os hábitos da população, o sistema de fornecimento e cobrança da água, o custo da água, entre outros. Na Tabela 1 são apresentadas informações sobre o consumo médio de água em cada região do Brasil no ano de 2011, e na Tabela 2 estão os valores referentes aos estados da região Sul no mesmo ano.

Tabela 1 - Consumo médio per capita de água por região do Brasil em 2011

| Região | Consumo Médio per capita de Água (L.hab/dia) |
|---------------|---|
| Norte | 150,0 |
| Nordeste | 120,6 |
| Sudeste | 189,7 |
| Sul | 147,9 |
| Centro-Oeste | 157,5 |
| Brasil | 162,6 |

Fonte: BRASIL – Ministério das Cidades (2011).

Tabela 2 - Consumo médio per capita de água por estado na região Sul em 2011

| Região | Consumo Médio per capita de Água (L.hab/dia) |
|-------------------|---|
| Paraná | 142,4 |
| Santa Catarina | 149,7 |
| Rio Grande do Sul | 152,5 |
| Região Sul | 147,9 |

Fonte: BRASIL – Ministério das Cidades (2011).

Segundo Oliveira (2004), no Brasil, em residências de cidades de porte médio o consumo chega a 200 L.hab/dia, podendo elevar-se até 400 litros em bairros de nível econômico mais elevado e reduzir-se para valores de 120 L.hab/dia em cidades de menor porte. O consumo dos banheiros representa 70 a 82% do consumo total de uma residência de porte médio, podendo colaborar potencialmente com os sistemas de reuso e aproveitamento de água.

4.1 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS

As técnicas empregadas para captar a água de chuva consistem em usar o telhado convencional, telhado verde ou o chão (encostas, estradas) como fonte de captação. No caso dos telhados, são colocadas calhas nos beirais com inclinações direcionadas para canos de PVC (policloreto de vinila), ligados aos reservatórios. A água de chuva pode ser usada para lavar carros, irrigar jardins, lavar calçadas e pisos, descarga sanitária e também, para irrigação, consumo animal, consumo humano e doméstico com tratamento de cloro e filtragem. Porém, a utilização de água da chuva como água potável, nos centros urbanos, não é viável devido ao baixo custo da tarifa de água tratada (FERREIRA, 2011).

A qualidade requerida para a água de chuva depende da finalidade a que se destina. Assim, no caso de utilizar a água de chuva em pontos de consumo para fins potáveis deve-se atender a Portaria nº 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

A seguir será apresentada uma breve descrição de cada um dos principais componentes comumente encontrados em sistemas de aproveitamento de água da chuva.

4.1.1 Área de captação

Segundo a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), a área de captação é a área, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal. Estas áreas podem ser coberturas de edificações, pavimentos, e até mesmo o solo em alguns casos específicos. Porém, deve dar-se

preferência para as áreas mais limpas, que não sejam destinadas para o trânsito de pessoas ou animais e que estejam acima do local onde será instalado o reservatório de armazenamento, como as áreas de coberturas por exemplo.

A Portaria 443 de outubro de 1978, do Ministério da Saúde, indica que os materiais em contato direto com as águas não devem apresentar toxicidade e substâncias que comprometam a sua qualidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1978). Por exemplo, quando se pretende utilizar a água para fins em que há contato primário com os usuários, devem-se evitar telhados de amianto, chumbo, cromo, zinco, ou outros que possam causar efeitos nocivos à saúde ou ao meio ambiente. No caso de se utilizar telhas cerâmicas, devem-se tomar os cuidados necessários para evitar materiais de limpeza que possuam ácidos ou outros reagentes nocivos, e o efluente dessa operação, quando realizada, deve ser descartado.

Para a captação da água de chuva são necessários calhas e condutores (verticais e horizontais), que podem ser de PVC, alumínio, chapas galvanizadas, geomembranas ou outros materiais, e seu dimensionamento deve ser concebido conforme a norma de instalações de águas pluviais, a NBR 10844 (ABNT, 1989).

4.1.2 Dispositivos de descarte de sólidos

Sabendo-se que, durante seu ciclo, a água da chuva acumula impurezas até chegar ao reservatório de coleta, faz-se necessária a utilização de dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos primeiros escoamentos que precipitam sobre os telhados.

Para o descarte de folhas, gravetos e detritos pode-se também utilizar peneiras autolimpantes, como a apresentada na Figura 13. No entanto, estes dispositivos de descarte de sólidos funcionam simplesmente como coador, retendo somente as impurezas maiores que a abertura da peneira. Outra possibilidade é fabricá-los em casa, com materiais alternativos. Para a retenção de sólidos podem ser utilizados filtros que, sendo os mais comuns os com meio filtrante inerte e com granulometria variável. É importante destacar que estes é necessário promover a lavagem do leito filtrante ou estes leitos precisam ser trocados quando os interstícios

intergranulares ficam preenchidos com impurezas, causando perda de carga excessiva para o sistema hidráulico. (LABEEE, 2007a)



Figura 13 - Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m²
Fonte: Acquasave (2013)

4.1.3 Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos

No momento em que ocorrem as precipitações pluviométricas, partículas que estão em suspensão na troposfera são carregadas pela água da chuva. Nas áreas urbanas, compostos como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio são alguns dos principais contaminantes atmosféricos que podem alterar a qualidade das águas de chuva. Além disso, a poeira e fuligem que se acumulam nos telhados utilizados como áreas de captação também influenciam na qualidade desta água. A contaminação mais forte ocorre nos primeiros milímetros de precipitação e após um longo período sem chuvas, portanto, a água da chuva referente aos primeiros escoamentos deve ser desviada e não armazenada no reservatório de acumulação de água de chuva (LABEEE, 2007a)

Assim, a NBR 15527 (ABNT, 2007) classifica o escoamento inicial como sendo a água proveniente da área de captação suficiente para carregar poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos. Cabe salientar que o volume de água a ser desviado vai depender da finalidade, ou uso a que ela se destina. A Figura 14 demonstra como funciona um dos sistemas mais usuais, que opera em função do nível da água.

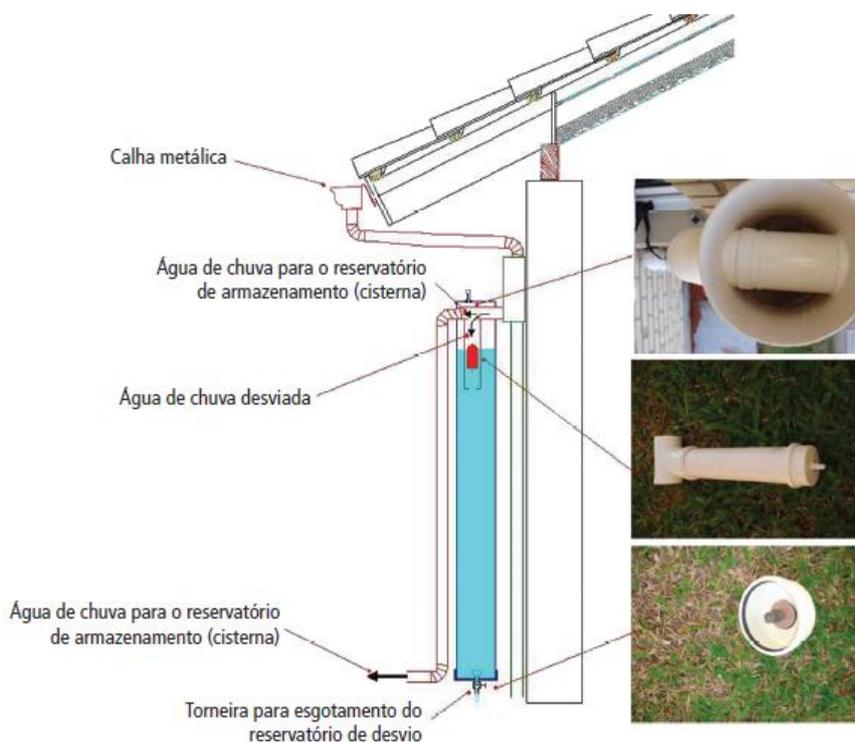


Figura 14 - Desviador de água dos primeiros escoamentos
Fonte: LABEEE, 2007a.

Uma das maneiras mais usuais de realizar o descarte das primeiras águas da chuva é através de uma válvula que opera em função do nível da água. Quando a chuva inicia a válvula está aberta e desvia o fluxo para um reservatório de pequeno volume. Quando a água atinge um certo nível a válvula é fechada e a água passa então para o reservatório de acumulação. Ao cessar a chuva, o reservatório que serviu para descarte das primeiras águas deve ser esvaziado manualmente através da abertura de um registro ou, automática e lentamente através de pequenos orifícios. À medida que o reservatório vai sendo esvaziado, a válvula vai se abrindo novamente e o sistema está pronto para uma nova chuva (OLIVEIRA, 2005).

4.1.4 Reservatórios de armazenamento de água de chuva

De acordo com Sacadura (2011), após realizado o processo de tratamento da água, seja ele o processo simplificado de autolimpeza ou um processo mais complexo de filtração, a água que não entrar no dispositivo de desvio dos primeiros

escoamentos vai ser direcionada ao reservatório de armazenamento final. Esse reservatório pode ser enterrado (cisternas), semienterrado, apoiado sobre o solo ou elevado. Também podem ser feitos com diferentes materiais, como concreto armado, fibra de vidro, aço inoxidável, polietileno, entre outros. Porém, os mais utilizados e comumente encontrados no mercado são os de fibra de vidro.

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume de água de chuva aproveitável depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência dos dispositivos de captação. Estes dispositivos são o de descarte de sólidos e o de desvio de escoamento inicial. Assim, o volume de água aproveitável pode ser calculado pela Equação 1:

$$V_a = P \cdot A \cdot C \cdot \eta \quad (1)$$

Onde:

- 'Va' é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;
- 'P' é a precipitação média anual, mensal ou diária, em mm;
- 'A' é a área de captação, em m²;
- 'C' é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional;
- 'η' é o fator de captação, que leva em conta a eficiência do dispositivo de descarte de sólidos e a perda de água no dispositivo de desvio de água dos escoamentos iniciais, caso este último seja utilizado.

Existem vários métodos de dimensionamento de reservatório disponíveis na literatura. A NBR 15527 (ABNT, 2007), por exemplo, possui em anexo alguns diferentes métodos que podem ser utilizados, porém, segundo Guisi (2013), a forma mais adequada de dimensionar reservatórios para armazenar água de chuva com fins de aproveitamento em edificações é por meio de simulação computacional. Um bom exemplo é o programa Netuno, que auxilia na estimativa do potencial de economia de água potável, para um ou mais volumes de reservatório, quando há o aproveitamento de água da chuva em edificações. Desta forma, é possível testar a economia oferecida para diversos volumes de reservatório até se obter aquele que apresenta o maior percentual de economia com menor custo.

4.1.5 Dispositivos de proteção sanitária dos reservatórios de acumulação de água de chuva

Para proteção sanitária e conservação da qualidade da água de chuva armazenada no reservatório, este deve ser equipado com alguns dispositivos, como (LABEEE, 2007a):

- Freio de água: este dispositivo é instalado no fundo do reservatório de armazenamento, por onde se dá a entrada de água no reservatório, e tem como finalidade amortecer o fluxo de água de modo que amenize a agitação do material sedimentado, contribuindo assim para uma melhor sedimentação dos sólidos;
- Conjunto flutuante de sucção: este dispositivo é constituído por uma boia ligada a uma válvula de retenção (quando necessária) e a uma peneira, conectadas a uma das extremidades de uma mangueira, enquanto a outra extremidade geralmente é ligada a uma motobomba (quando necessária). Sua função é captar a água do reservatório sempre próximo à superfície, contribuindo para uma melhor qualidade da água da chuva a ser utilizada;
- Sifão extravasor: utilizado geralmente quando o extravasor do reservatório de acumulação é conectado à rede de drenagem pluvial. Para evitar a penetração de gases, oriundos da rede de drenagem pluvial, utiliza-se no interior do reservatório de armazenamento de água de chuva um sifão junto ao extravasor. Outras funções do sifão extravasor são: possibilitar a retirada das impurezas da superfície da água (decantação de material flotante, como pólen) e restringir a entrada de animais, principalmente roedores, no reservatório.

Nas Figuras 15, 16 e 17 apresentam-se, respectivamente, os dispositivos freio de água, conjunto flutuante e sifão extravasor.



Figura 15 - Freio de água
Fonte: Acquasave, 2013.



Figura 16 - Conjunto flutuante de sucção
Fonte: Acquasave, 2013.



Figura 17 - Sifão extravasor
Fonte: Acquasave, 2013.

5 ANÁLISE ECONÔMICA

5.1 ORÇAMENTAÇÃO

Para Limmer (1997, p. 86), um orçamento pode ser definido como a “determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido”.

Ávila *et al.* (2003, p. 2) afirma que “orçar é quantificar insumos, mão de obra, ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos”.

Limmer (1997) cita a existência de dois métodos de elaboração de orçamento: o de correlação e o de quantificação. O primeiro baseia-se na estimativa do custo por correlação desse com uma ou mais variáveis de medida da grandeza do produto cujo custo se quer determinar. Já o método de quantificação abrange dois processos: o da quantificação de insumos e o da composição do custo unitário. A quantificação de insumos baseia-se no levantamento das quantidades de todos os insumos básicos necessários à execução da obra, os quais podem ser reduzidos a três grupos: mão de obra, materiais e equipamentos. Já a composição do custo unitário baseia-se na decomposição do produto (o projeto a ser executado) em conjuntos ou partes, e é feita a partir de coeficientes técnicos de consumo extraídos de publicações especializadas ou compilados por cada empresa, pelo processo de experiência e erro, em função do planejamento e do controle dos projetos por ela executados.

5.1.1 Custos

Ávila *et al.* (2003) define custo como sendo a soma dos gastos necessários para realização de um serviço, sendo divididos em custos diretos e indiretos.

Os custos diretos são todos os custos envolvidos diretamente na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais, mão de obra e equipamentos auxiliares. Já os custos indiretos são aqueles que estão ligados indiretamente a uma determinada obra, pode-se dizer que são os custos da administração central, não incorporados à obra, mas necessários para a sua

execução, como por exemplo, o salário dos funcionários da administração, transporte de material e pessoal, além dos impostos, taxas, seguros, entre outros (TISAKA, 2006).

5.2 ENGENHARIA ECONÔMICA

Segundo Lima (2010, p. 73), “a engenharia econômica objetiva a análise econômica de decisões sobre investimentos e, tem aplicações bastante amplas, pois os investimentos poderão ser de empresas, como de particulares ou de entidades governamentais”.

Muitas vezes, a adoção de algumas alternativas tecnológicas que apresentam maior eficiência técnica não trazem uma maior economia financeira ou maior lucro para as organizações, pois são tecnologias que exigem altos investimentos, valor esse que pode não retornar ao investidor durante o horizonte de planejamento ou de análise. Nesse caso, ancorado na Matemática Financeira e utilizando-se de técnicas de Engenharia Econômica é possível realizar um estudo de viabilidade econômica que servem aos propósitos de racionalização de recursos que auxiliam na tomada de decisão nos investimentos (BALDIN, 2013).

O tempo é uma das mais importantes variáveis utilizadas na avaliação econômica, e para que seja possível lidar com esta variável, é fundamental o conhecimento de uma série de conceitos básicos: juros, taxas de juros, valor do dinheiro no tempo, regimes de capitalização simples e compostos, equivalência entre taxas, séries de pagamentos uniforme e não uniforme, sistemas de amortização, projeção do fluxo de caixa e inflação, por exemplo (RASOTO *et al.*, 2012).

5.2.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Ao se realizar um investimento, comparam-se os prováveis rendimentos que serão alcançados pelo mesmo com os outros investimentos disponíveis no mercado financeiro. O valor mínimo de rentabilidade ou taxa de juros comparativa de um empreendimento é denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA). O

empreendimento deve superar a TMA para que o projeto seja viável (KREUZ, SOUZA e CLEMENTE, 2008; RASOTO *et al.*, 2012).

Segundo Souza e Clemente (2008), a TMA deve ser a melhor taxa, ou seja, uma taxa com baixo grau de risco disponível para o investimento em análise (mercado financeiro/poupança, considerando somente aplicações em ativos). Para definir a TMA, considera-se o custo de oportunidade do capital, a margem de rentabilidade e a correção monetária. O custo de oportunidade está relacionado com a rentabilidade de aplicações como a poupança (para pessoas físicas e alguns projetos específicos), enquanto que a margem de rentabilidade varia de projeto para projeto e demonstra o rendimento sobre o valor empregado (BALDIN, 2013).

5.2.2 Inflação

De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2000), a inflação é a perda do valor aquisitivo da moeda, e várias podem ser suas causas, tais como aumento da demanda de um bem sem condições de se aumentar proporcionalmente sua produção, aumento de custos de fatores de produção de alguns produtos, especulação com estoques ou excesso de circulação de moeda, entre outras.

Na matemática financeira, a inflação é considerada através da correção monetária que, teoricamente, é um instrumento de correção da moeda na exata medida do efeito da inflação. Porém, os índices oficiais de correção monetária podem não refletir realmente a inflação. Por esta razão, na análise de investimentos usa-se a inflação, medida através de índices de preço, em vez da correção monetária (REBELATTO, 2004).

Casarotto Filho e Kopittke (2010) afirmam que, em geral, os cálculos são feitos admitindo-se como premissa de que todos os preços subirão na mesma proporção, assim, se todos os custos e receitas estivessem sujeitos à mesma variação, seria correto desconsiderar esta variação, ou seja, não seria necessário levar em conta a inflação. Diante do exposto, neste trabalho não será considerada a inflação por considerá-la como um impacto homogêneo.

5.2.3 Indicadores de Viabilidade Econômica

Muitos autores tratam as ferramentas econômicas de formas diferentes, ou seja, compreendem os projetos de forma simplificada ou mais detalhada, porém todas as leituras possíveis visam a verificar a viabilidade de um investimento. Na análise econômica simplificada, utilizada por muitos pesquisadores, apresentam-se dois ou três indicadores (VPL, TIR e *Payback* em geral) para estudo do projeto. Nesse caso não há uma separação com relação aos indicadores de risco ou de retorno (BUARQUE, 1989; SOUZA e CLEMENTE, 2008; CASAROTTO e KOPITTKKE, 2010;).

Para Kreuz, Souza e Clemente (2008), na análise detalhada (análise de multi-indicadores) apresentam-se dois grupos de indicadores: os de rentabilidade (ou retorno) do projeto e os de risco do mesmo.

Conforme adaptações de outros trabalhos realizadas por Lima (2010), os principais indicadores de retorno utilizados, bem como suas interpretações são listadas a seguir.

- **Valor Presente Líquido (VPL):** corresponde à concentração de todos os valores de um fluxo de caixa, descontados para data focal zero (presente) usando-se como taxa de desconto a TMA. Representa, em valores monetários de hoje, a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de um projeto de investimento. O VPL sendo positivo significa a expectativa de que sejam pagos todos os custos operacionais do projeto, o investimento inicial e também a parcela que seria gerada se esse capital tivesse sido aplicado à TMA. O VPL expressa o ganho do projeto em relação à TMA para um horizonte igual à duração do projeto. Calcula-se o VPL segundo a Equação 2:

$$VPL = -|FC_0| + \sum_1^N FC_j (1 + TMA)^{-N} \quad (2)$$

Em que:

VPL = valor presente líquido de um fluxo de caixa;

FC_0 = investimento inicial;

N = horizonte de planejamento;

FC_j = valores envolvidos no fluxo de caixa para o período j ; e

TMA = taxa de atratividade mínima.

- **Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)**: tem o mesmo significado do VPL, porém interpretado por período (mês, por exemplo). É o VPL transformado em uma série de pagamentos equivalentes periódicos. Em recurso, é o valor equivalente anual do *superávit* de caixa proporcionado pelo projeto. É um indicador apropriado para comparar projetos com horizontes de planejamento longos ou com diferentes horizontes de planejamento. A vantagem do VPLA em relação ao VPL está na possibilidade de melhor se poder avaliar a expressividade de ganho (alto, médio ou baixo). Em se comparando projetos de investimentos, independente dos ajustes metodológicos que se façam necessários, o VPLA sempre aponta para o projeto que tende a apresentar maior retorno, e pode ser utilizando a Equação 3:

$$VPLA = \frac{VPL \cdot [TMA \cdot (1 + TMA)^N]}{[(1 + TMA)^N - 1]} \quad (3)$$

- **Índice Benefício/Custo (IBC)**: representa, para todo o horizonte de planejamento do projeto (N), as expectativas de ganho por unidade de capital investido no projeto em relação ao que se teria alcançado se essa unidade de capital tivesse sido aplicada à TMA. O IBC é uma estimativa da rentabilidade total do projeto. A hipótese implícita no cálculo do IBC é de que os recursos liberados ao longo da vida útil do projeto são reinvestidos à TMA. Possuem em comum com o VPL, a característica indesejável de expressar a rentabilidade em relação a todo o N . O IBC pode ser calculado através da Equação 4:

$$IBC = \frac{\sum_{j=0}^N R_j (1 + TMA)^{-j}}{\sum_{j=0}^N C_j (1 + TMA)^{-j}} \quad (4)$$

Na qual:

R_j = Receitas esperadas para o período j;

C_j = Custos estimados para o período j;

Para interpretar o IBC basta verificar se o valor obtido é superior ou inferior a 1, considerando que o projeto é viável nos casos em que for superior a 1.

- **Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA):** é um ajuste do IBC para um horizonte mais convencional (mês, por exemplo) e, nesse caso, representa em porcentagem a melhor estimativa de rentabilidade anual do projeto além da remuneração gerada pela TMA. Em termos operacionais é a rentabilidade periódica equivalente ao IBC, e pode ser calculado por intermédio da equação 5:

$$ROIA = \sqrt[n]{IBC} - 1 \quad (5)$$

De forma análoga aos indicadores de retorno, os principais indicadores de risco utilizados, conforme Lima (2010), bem como suas interpretações são apresentados a seguir.

- **Taxa Interna de Retorno (TIR):** é a taxa que anula o VPL de um fluxo de caixa. A TIR deve ser interpretada como uma medida de risco da decisão. O risco de o projeto apresentar retorno menor do que a aplicação financeira do capital de investimento para à TMA aumenta na medida em que a TMA se aproxima da TIR. Assim, a TIR define um limite para a variação da TMA dentro do qual certo projeto oferece ganho maior do que a simples aplicação à TMA. A distância (ou proximidade) entre a TIR e a TMA pode ser vista como uma medida de segurança (ou risco) do projeto, conforme mostra a Figura 18. A TIR pode ser calculada através da resolução numérica da equação 6:

$$-|FC_0| + \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} = 0 \quad (6)$$

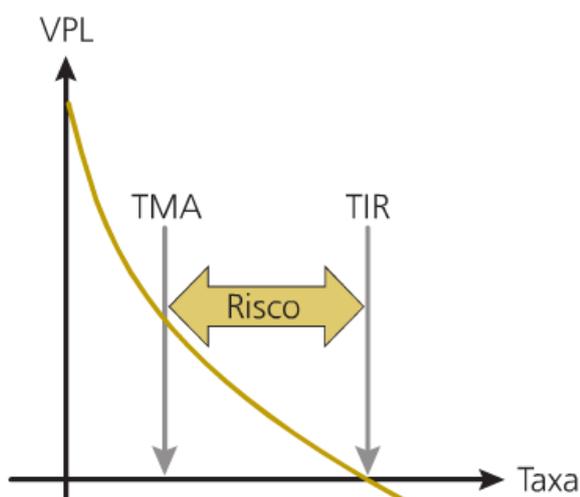


Figura 18 - Comportamento do VPL em função da taxa de desconto

Fonte: Rasoto, et al, 2012.

- **Tempo para Recuperação do Investimento (Payback):** representa o tempo necessário para que os benefícios do projeto reponham o valor investido. Pode ser interpretado como uma medida de risco do projeto. Projetos que apresentam *Payback* menor envolvem um nível de risco mais baixo e vice-versa. Projetos, cujos *Payback* se aproximem do final de sua vida econômica, em geral, apresentam alto grau de risco (RASOTO, et al, 2012). O *Payback* pode ser calculado pela Inequação 7:

$$\text{mínimo } \{j\}, \text{ tal que } \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} \geq |FC_0| \quad (7)$$

Em que:

N = horizonte de planejamento;

FCj = fluxo de caixa no período j; e

FCo = fluxo de caixa inicial.

A fórmula demonstra que o *payback*, em resumo, corresponde ao menor período em que o fluxo de caixa descapitalizado e acumulado, supera o investimento inicial. Ainda, segundo Rasoto et al. (2012), outros dois indicadores ainda podem ser utilizados para se avaliar o risco percebido do projeto:

- Índice **TMA/TIR**, como melhor estimativa de probabilidade de se obter um retorno maior em aplicações financeiras de baixo risco do que no projeto.
- Índice **payback/N**, como estimativa da probabilidade de não se recuperar o capital investido.

6 METODOLOGIA

Este trabalho pode ser classificado, quanto aos objetivos de sua pesquisa, como sendo uma pesquisa exploratória, a qual, de acordo com Gil (2002), tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é bastante flexível, sendo possível considerar os mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

Quanto ao delineamento, é possível classificar a pesquisa em bibliográfica. Também é possível enquadrar a pesquisa em um estudo de caso, pois caracteriza-se pelo estudo profundo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2002). No presente trabalho, os objetos analisados serão os sistemas de aquecimento solar e de aproveitamento de água para uma residência unifamiliar específica, na cidade de Pato Branco – PR.

Já em relação à abordagem da pesquisa, a mesma englobará uma análise quantitativa, pois atua sobre os níveis de realidade e, segundo Minayo (2008) tem como objetivo básico trazer à luz dados, indicadores, e tendências observáveis, visto que a resolução do objetivo passará por uma análise econômica, a qual engloba conceitos da Engenharia Econômica.

Para o desenvolvimento da pesquisa serão seguidos os passos ilustrados na Figura 19, sendo que para o estudo de caso deste trabalho optou-se por uma edificação unifamiliar na qual o projeto arquitetônico foi concebido com diretrizes que primam a sustentabilidade, buscando maiores áreas de ventilação, posicionamento adequando para melhor utilização da luz natural, escolha pela utilização de laje impermeabilizada sem cobertura, tendência pelo uso de materiais sustentáveis (madeira certificada, tintas à base de minerais) e outros itens que possibilitem a harmonia com o ambiente que circunda a edificação, promovendo o conforto e qualidade de vida aos usuários, sem deixar de lado a sustentabilidade e a eficiência da edificação.

Por este trabalho levar em conta o projeto de uma residência em específico, e como o intuito é analisar a viabilidade econômica quando na posição de proprietário, realizou-se a quantificação de insumos e um levantamento dos custos diretos que o proprietário terá para compra e instalação dos sistemas, com base nos preços cobrados por empresas localizadas nas cidades da região.

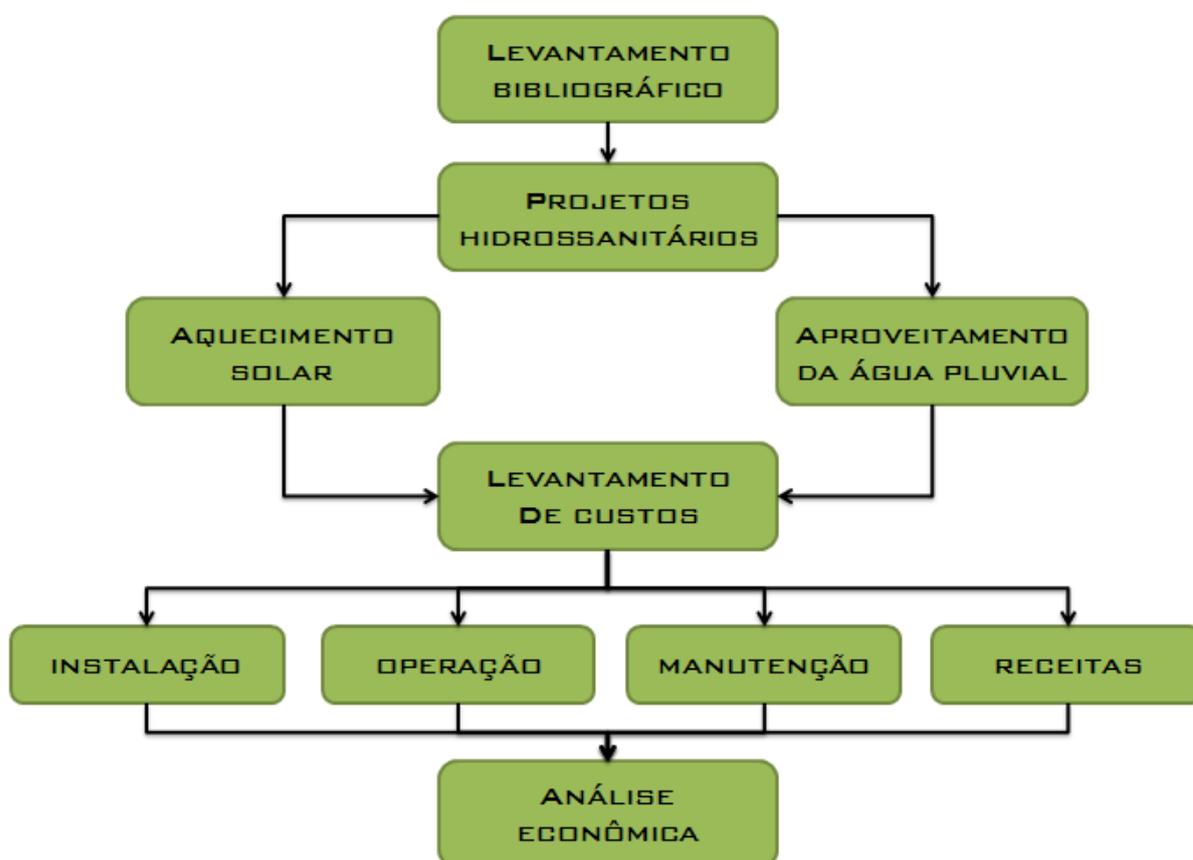


Figura 19 - Fluxograma relativo às etapas do trabalho
Fonte: O autor.

Com os custos de ambos os sistemas levantados, tanto de instalação quanto de manutenção e operação, considerando que um projeto se bem executado, usando a racionalidade em sua concepção, foram feitas na sequência as projeções de consumo, e a estimativa da economia mensal de energia e água. Sendo que, para a análise econômica, essa economia será considerada a receita obtida pelo investimento no respectivo sistema. De mesmo modo, se determinará o tempo para o retorno do investimento necessário à condição de sustentabilidade, por intermédio dos indicadores mencionados na fundamentação teórica.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento da metodologia proposta, bem como seus resultados e análise dos dados obtidos.

7.1 APRESENTAÇÃO DA RESIDÊNCIA

A residência utilizada como parâmetro para realização deste trabalho será construída na Rua Francisco Xavier, lote 10 da quadra 1373, localizada no bairro La Salle, da cidade de Pato Branco – PR. O terreno utilizado possui 597m² de área, e a residência será composta por dois pavimentos com pé direito de 3 metros cada, e cobertura de lajes impermeabilizadas, totalizando 350,31m² construídos.

Internamente os moradores poderão contar com 3 dormitórios, 2 suítes, 5 banheiros e 1 lavabo, além de ateliê e demais cômodos. Externamente o espaço oferece piscina e terraço com cadeiras e mesas. Estes e outros detalhes do projeto podem ser vistos no ANEXO A. A harmonia entre o local e o projeto favorecem a utilização dos sistemas, não possuindo obstáculos que possam interferir na recepção dos raios solares pelos coletores, nem na captação da água das chuvas.

7.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DA ÁGUA

7.2.1 Projetos

O projeto de instalações hidráulicas da residência, elaborado por profissional habilitado e contratado pelo proprietário, pode ser visualizado no ANEXO B, onde constam as redes de água fria e quente, e, como não é comum o dimensionamento em projeto, verifica-se apenas uma representação simbólica da existência dos aquecedores solares, que devido a questões culturais, é dimensionado pelos próprios fornecedores, pelo fato de possuírem cursos de capacitação muitas vezes oferecidos pelos próprios fabricantes dos equipamentos e, pela experiência de mercado. Devido a isso, após definir o modelo de aquecedor solar a ser instalado,

foram feitas adaptações no projeto existente, de modo a representar, de forma mais próxima à realidade, o espaço a ser ocupado e os detalhes de instalação do aquecedor, apresentado no APÊNDICE A. Como o intuito deste trabalho é avaliar o aquecedor solar para uso na residência, foi desconsiderado o aquecedor para a água da piscina.

O modelo de aquecedor a ser utilizado, por opção do proprietário, é o de tubo a vácuo, e por questões de disponibilidade do fornecedor, adotou-se o tipo *U-tube*. O dimensionamento do reservatório térmico (também conhecido como *boiler*) geralmente é feito considerando 100 litros de água por morador. A residência em questão será habitada por quatro pessoas, o que resultaria no uso de um *boiler* de 400 litros, porém, devido a grande quantidade de pontos de água quente (8 torneiras e 4 chuveiros), optou-se pelo *boiler* de 600 litros, que possui 250 cm de comprimento 60 cm de diâmetro, ajudando assim a suprir a necessidade em épocas de maior demanda. Uma característica importante do *boiler* adotado é que o mesmo pode ser instalado em nível com o reservatório de água fria, facilitando sua instalação em locais onde há pouca altura disponível. Junto ao *boiler*, como sistema de aquecimento auxiliar, há uma resistência de 3500 W ligada a um termostato, o qual permite visualizar a temperatura em que a água se encontra, fazendo com que o usuário saiba se é necessário ou não fazer uso do sistema de aquecimento auxiliar. Esse controle da temperatura é determinante na quantidade de energia elétrica consumida.

A quantidade de tubos coletores necessários é estimada por experiência de mercado dos fornecedores, sendo que no caso em estudo adotou-se 40 tubos para garantir o aquecimento da água armazenada. Os tubos utilizados possuem dimensões de 180 mm de comprimento por 58 mm de diâmetro, e considerando o espaçamento de 20 mm entre tubos, a área ocupada pelos coletores será de 1,80 x 3,10 metros, porém, na laje de cobertura a área ocupada (em projeção) será menor devido a inclinação existente na instalação dos coletores. Para o melhor aproveitamento da insolação, os coletores serão instalados voltados para o norte geográfico. Segundo dados da Prefeitura Municipal de Pato Branco – PR (2014) a latitude do município é próxima dos 26 graus, portanto, para favorecer a captação da energia solar no período de inverno, a inclinação dos coletores será de 36 graus.

Apesar da rede de água quente da residência ter sido projetada com tubulação em CPVC (cloreto de polivinila clorado), para a água quente do sistema de aquecimento solar serão utilizados tubos de alumínio com uma camada interna e outra externa de polietileno reticulado, também conhecido como PEX. A temperatura de trabalho desse tipo de tubulação é 95°C, e possui grande flexibilidade, eliminando em grande parte a quantidade de conexões necessárias.

7.2.2 Levantamento de Custos e Receitas

Para realizar a análise econômica, é preciso levantar todos os custos e receitas envolvidos no investimento, ou seja: instalação, operação e manutenção do sistema. No APÊNDICE B é possível verificar um quadro com o resumo dos custos estimados e receitas esperadas.

7.2.2.1 Instalação

O levantamento de custos relativos a instalação do sistema, envolvem o gasto com os insumos e com a mão de obra que o proprietário da residência terá.

Antes de definir qual o modelo de sistema a ser instalado, buscou-se orçamentos em diversos fornecedores, sempre partindo da premissa de que o reservatório teria 600 litros e das condições do local onde o mesmo será instalado, sendo que cada um apresentou a solução dentro dos moldes como costuma trabalhar, desse modo as opções variaram entre coletores solares planos e de tubo a vácuo, e nas tubulações, que também poderiam ter sido de cobre ou outro material. Dentre as diversas opções, aquela apresentada no item 7.2.1 foi a proposta escolhida, tendo os gastos com instalação apresentados no APÊNDICE C.

7.2.2.2 Operação

Para estimar os gastos de operação, considerou-se que na residência serão tomados 6 banhos diários de 10 minutos, sendo que 2 minutos servem para o ajuste de temperatura, e a ducha a ser instalada é a Ducha Original Quattro 127V ~ 5400 W, da marca FAME. A opção por esse modelo se deu principalmente pelo fato da

mesma ter uma vazão que varia de 3 a 3,6 litros por minuto, e ser compatível com o sistema de aquecimento solar. Apesar de ser elétrica, ela pode manter-se desenergizada nos períodos de maior calor, sendo utilizada como complemento, na posição 'morno' (2000 W), nos meses com menos radiação solar disponível, dispensando assim o uso da resistência elétrica, e otimizando o uso da energia elétrica quando for necessária.

O fato de a ducha estar aberta por cerca de 2 minutos por banho, para ajuste da temperatura, significa que existe um gasto de água levemente superior quando comparado ao sistema convencional com chuveiro elétrico, portanto, os 12 minutos diários da família geram um custo de operação a ser levado em conta. Para estimar essa quantidade de água, foi considerada uma vazão de 3,5 litros por minuto, que multiplicados 12 minutos diários, e por 30 dias do mês, totalizam um consumo mensal de 1260 litros de água a mais, com relação ao sistema convencional. Utilizando o valor de R\$ 5,96 por metro cúbico, que é a tarifa residencial normal cobrada pela Sanepar (2014) pelos serviços de abastecimento de água e destinação adequada do esgoto para consumo acima de 10 m³ e abaixo de 30 m³, observa-se que o custo mensal de operação do sistema de aquecimento solar, no que diz respeito ao consumo de água, é de R\$ 7,52 nos meses em que não é utilizado o auxílio elétrico da ducha. Adotou-se o valor dessa faixa pois, como pode ser visualizado no APÊNDICE D, o consumo médio atual do proprietário encontra-se dentro desse intervalo de consumo.

De acordo com experimento em um sistema de aquecimento solar de tubos a vácuo, realizado por Neves (2013) na cidade de Cascavel-PR, nos meses de abril a setembro foi necessário fazer uso do sistema de aquecimento auxiliar, sendo justamente os meses do ano em que há menor incidência de radiação solar na região sudoeste do Paraná, como consta no Atlas Solarimétrico do Brasil (2000). Levando em conta esse estudo, considerou-se como estimativa para a análise econômica que não há gasto de energia elétrica no período de outubro a março (6 meses), que a ducha trabalhará energizada na temperatura 'morno' (equivalente a 2000 W) de forma a auxiliar a água pré-aquecida a alcançar a temperatura ideal, em todos os banhos, por 10 dias (em média) nos meses de abril e setembro, por 15 dias nos meses de maio e agosto, e por 30 dias em junho e em julho. É importante

salientar que, nesses casos não há necessidade de ajuste de temperatura, portanto os banhos considerados para esses períodos são de 8 minutos.

Na Tabela 3 a seguir pode-se observar a radiação média mensal na região de Pato Branco, a quantidade de dias em que o aquecedor solar será auxiliado pela energia elétrica da ducha, bem como o consumo de energia e o custo gerado pelo mesmo, baseando-se na tarifa do subgrupo B1-Residencial da COPEL (2014), que é de R\$ 0,39631 por kWh.

Tabela 3 - Estimativa de gastos com o sistema de aquecimento auxiliar

| Mês | Radiação solar média (Wh/m².dia) | Dias de uso do auxílio elétrico da ducha | Consumo mensal de energia (kWh) | Custo (R\$) |
|------------|--|---|--|--------------------|
| Janeiro | 5556 | 0 | 0 | 0 |
| Fevereiro | 5000 | 0 | 0 | 0 |
| Março | 5000 | 0 | 0 | 0 |
| Abril | 3333 | 10 | 16 | 6,35 |
| Mai | 3333 | 15 | 24 | 9,51 |
| Junho | 2778 | 30 | 48 | 19,02 |
| Julho | 2778 | 30 | 48 | 19,02 |
| Agosto | 3889 | 10 | 16 | 6,35 |
| Setembro | 3889 | 10 | 16 | 6,35 |
| Outubro | 4444 | 0 | 0 | 0 |
| Novembro | 5556 | 0 | 0 | 0 |
| Dezembro | 6111 | 0 | 0 | 0 |

7.2.2.3 Manutenção

A manutenção consiste apenas na limpeza externa dos tubos a vácuo a cada 6 meses, e na troca dos equipamentos que podem eventualmente sofrer algum dano ou estragar. Como manutenção, considerou-se apenas um custo simbólico de R\$ 5,00 por limpeza realizada.

7.2.2.4 Receitas

A receita gerada por este investimento será a economia de energia elétrica obtida, em comparação ao uso do chuveiro elétrico (situação convencional). Para estimar os gastos que se teria usando essa mesma ducha em uma situação convencional, considerou-se 6 banhos diários de 8 minutos, para as potências indicadas no Tabela 4, onde também consta o consumo e a economia mensal.

Tabela 4 - Estimativa da economia gerada pelo consumo

| Mês | Potência usada na ducha (W) | Consumo estimado de um chuveiro elétrico (kWh) | Economia mensal (R\$) |
|-----------|-----------------------------|--|-----------------------|
| Janeiro | 2000 | 48 | 19,02 |
| Fevereiro | 2000 | 48 | 19,02 |
| Março | 2000 | 48 | 19,02 |
| Abril | 3400 | 81,6 | 32,34 |
| Mai | 3400 | 81,6 | 32,34 |
| Junho | 5400 | 129,6 | 51,36 |
| Julho | 5400 | 129,6 | 51,36 |
| Agosto | 3400 | 81,6 | 32,34 |
| Setembro | 3400 | 81,6 | 32,34 |
| Outubro | 2000 | 48 | 19,02 |
| Novembro | 2000 | 48 | 19,02 |
| Dezembro | 2000 | 48 | 19,02 |

7.3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

7.3.1 Projetos

O projeto original de escoamento de águas pluviais e aproveitamento de água das chuvas, que pode ser visualizado no ANEXO C, contempla o uso das águas pluviais apenas nas torneiras de jardim, porém neste estudo procura-se analisar também o seu uso nas descargas das bacias sanitárias. Portanto fez-se a adaptação com base nas tubulações que haviam sido previstas no projeto de água fria, criando uma nova rede, mas utilizando os mesmos caminhos das tubulações de água potável até os banheiros, e abastecendo assim as 6 bacias sanitárias existentes na residência.

O sistema em si, funcionará com a captação da água pluvial acumulada sobre as lajes da casa, através de três pontos. Em cada um desses pontos será instalada uma grelha hemisfer flexível (Figura 20), com o intuito de impedir a passagem de resíduos sólidos. Os pontos de captação escoarão a água até uma cisterna de 3000 litros, porém, cada linha de escoamento possui no seu caminho, antes de chegar à cisterna, uma bombona de 100 litros pra onde serão desviadas as águas dos primeiros escoamentos, equivalendo assim aos primeiros 1,4mm de cada precipitação, aproximadamente. Por ser fechada hermeticamente, a água escoada após o enchimento das bombonas fluirá naturalmente até a cisterna.



Figura 20 - Grelha hemisfer flexível
Fonte: Tigre (2014)

Uma motobomba com potência de $\frac{1}{2}$ cv será responsável por levar a água da cisterna até um reservatório superior de 1000 litros, o qual abastecerá as torneiras de jardim e as bacias sanitárias. Para não ser necessária a ativação manual da motobomba, será instalada uma boia automática, que faz a bomba entrar em funcionamento assim que o reservatório apresentar baixo nível d'água, até enchê-lo. Também foi prevista uma fonte alternativa de abastecimento da cisterna, caso exista um período muito longo sem chuvas, que consiste numa ligação direta com o alimentador predial, e pode ser ativada através de um registro. O projeto com todas as adaptações realizadas pode ser visto no APÊNDICE E.

7.3.2 Levantamento de Custos e Receitas

Conforme realizado no item 7.2.2, os custos aqui previstos também levam em conta a instalação, operação, e manutenção do sistema. Analogamente ao sistema de aquecimento solar, o resumo de custos e receitas pode ser observado no APÊNDICE B.

7.3.2.1 Instalação

Com base nos projetos adaptados, elaborou-se uma lista dos materiais necessários para instalação do sistema. Os valores de cada item foram coletados em diferentes fornecedores da cidade de Pato Branco, pois não havia disponibilidade de todos os materiais em um só lugar. Já o custo com a mão de

obra, obteve-se consultando um prestador de serviços da área. Vale salientar que no quantitativo foram consideradas apenas as partes necessárias além das instalações convencionais para a residência, ou seja, as tubulações que escoam a água da laje até as bombonas não foi incluída no cálculo, pois existiriam mesmo sem o uso do sistema de aproveitamento. Já a tubulação que distribui a água aos sanitários foi considerada, pois foi necessário prever uma rede separada para o uso da água não potável. Desse modo, no APÊNDICE F são apresentados os custos com materiais e mão de obra relativos a implantação sistema.

7.3.2.2 Operação

Os gastos com operação são resumidos ao consumo de energia elétrica da motobomba. Como já citado anteriormente, sua potência é de $\frac{1}{2}$ cv, que equivale a aproximadamente 367 W, porém, para estimar a quantidade de energia utilizada mensalmente é preciso saber quantas horas ela trabalhará nesse período.

Verificando o item 7.3.2.4, mais a frente, percebe-se que o consumo mensal estimado de água pluvial é de $12,84 \text{ m}^3$, ou seja, essa quantidade de água terá que ser bombeada todos os meses. Na Figura 21 pode-se observar que, para os 20 m.c.a. informados no projeto, a motobomba considerada trabalha na vazão de $1,4 \text{ m}^3$, precisando portanto de 9,17 horas mensais para bombear o volume de água necessário.

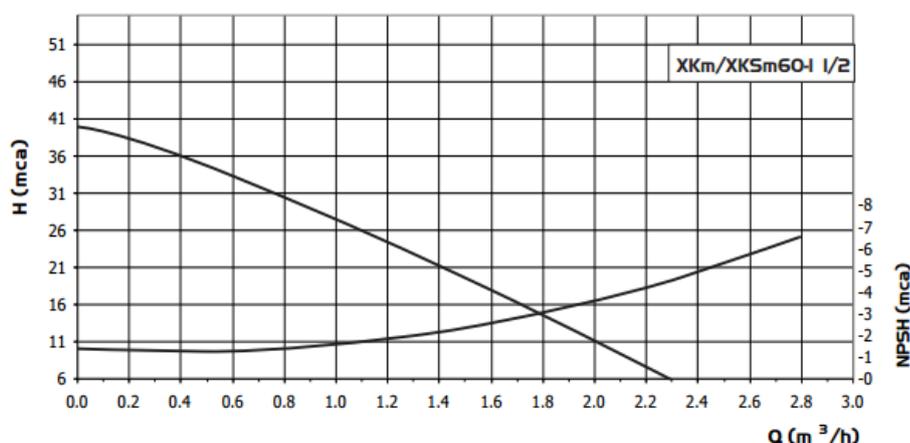


Figura 21 - Vazão de trabalho da motobomba em função dos m.c.a.
Fonte: FAMAC (2014)

Ciente da quantidade de horas, multiplica-se esse valor por 367 W, verificando assim um consumo mensal de 3,37 kW de energia elétrica, que corresponde a R\$ 1,34 de acordo com a tarifa citada no item 7.2.2.2.

7.3.2.3 Manutenção

O sistema não necessita de manutenção periódica, desse modo, não há custos envolvidos caso não ocorra algum dano excepcional.

7.3.2.4 Receitas

A receita oriunda do uso desse sistema, consiste basicamente na economia de água. Para isso, é necessário estimar a quantidade utilizada mensalmente por todos os pontos abastecidos pela água pluvial.

A norma brasileira NBR 15491 (ABNT, 2010), estabelece as condições a que devem atender as caixas de descarga destinadas a limpeza de bacias sanitárias fabricadas em material cerâmico, sendo o valor máximo permitido de 6 litros por ciclo para as caixas de descarga atuais. Partindo da premissa que, em média, cada um dos quatro moradores da residência dê a descarga 5 vezes ao dia, teremos um consumo diário de 120 litros, e consumo mensal de 3600 litros, ou 3,6 m³.

As torneiras de jardim são normalmente utilizadas para lavar o carro, as calçadas, e para irrigação de plantas. Levando em conta que a família em questão possui dois carros, e que os mesmos são lavados a cada 15 dias, verifica-se que são necessárias 4 lavagens de carro por mês, e cada uma é feita com algo em torno de 6 baldes de 10 litros (3 para ensaboar, e 3 para enxaguar). Já a lavagem da calçada, de acordo com o perfil da família, é feita uma vez por semana com duração aproximada de 30 minutos, o que consome cerca de 1500 litros/mês, e quanto a irrigação, será feita através de 5 irrigadores espalhados pelo quintal, que possuem vazão de 500 litros/hora. Considerando que os mesmos serão ligados cerca de 3 vezes por semana, durante 15 minutos, o consumo de água mensal para irrigação será de 7500 litros. Dessa forma, foi possível montar a Tabela 5, a qual apresenta a quantidade de água economizada mensalmente, bem como o valor monetário que essa economia representa, lembrando que a economia considerada é de R\$ 5,96

por metro cúbico, que é a tarifa residencial normal cobrada pela Sanepar (2014) pelos serviços de abastecimento de água e destinação adequada do esgoto para consumo acima de 10 m³ e abaixo de 30 m³.

Tabela 5 – Estimativa da economia de água

| Uso | Consumo mensal de água (m³) | Economia mensal (R\$) |
|--------------------|---|------------------------------|
| Caixas de descarga | 3,6 | 21,46 |
| Lavar carros | 0,24 | 1,43 |
| Lavar calçadas | 1,5 | 8,94 |
| Irrigação | 7,5 | 44,7 |
| TOTAL | 12,84 | 76,53 |

7.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Neste trabalho, para realização da análise econômica, utilizou-se para a TMA o valor percentual aproximado do rendimento de uma caderneta de poupança (0,50%), por ser considerada a melhor taxa, com baixo grau de risco, para aplicação do capital disponível. Desta forma, o conceito de riqueza gerada deve levar em consideração somente o excedente sobre aquilo que já se tem, isto é, o que será obtido além da aplicação do capital na TMA. Como horizonte de planejamento, adotou-se um período de 180 meses (15 anos). Primeiramente são apresentados os indicadores, e na sequência uma discussão sobre seus resultados.

7.4.1 Indicadores

O cálculo dos indicadores de retorno e de risco foi realizado para cada sistema, e uma terceira vez considerando juntamente os dois sistemas, sendo este último discutido posteriormente com mais ênfase por se tratar do resultado que o proprietário irá obter pelo investimento no conjunto dos sistemas sustentáveis em sua residência. Os resultados para os indicadores correspondentes aos dois primeiros casos estão sintetizados no Quadro 1, no qual a coluna A representa o sistema de aquecimento solar e a coluna B o sistema de aproveitamento de água das chuvas. Todos cálculos foram efetuados com base nas equações mencionadas no item 5.2.3 e com o auxílio de implementações no *software* Microsoft Excel® 2010.

| | Indicador | A | B | Observação |
|-----------|-----------|---------------|--------------|---|
| | VP (C) | R\$ 7.874,73 | R\$ 4.286,99 | Somatória dos custos descapitalizados para data focal zero. |
| Retorno | VP (R) | R\$ 3.436,24 | R\$ 9069,07 | Somatória das receitas descapitalizadas para data focal zero. |
| | VPL | R\$ -4.438,48 | R\$ 4.782,08 | Descapitalizados para a data focal zero. |
| | VPLA | R\$ -37,45 | R\$ 40,35 | Valor presente líquido mensal. |
| | IBC | 0,4364 | 2,1155 | Valores referentes ao investimento de uma unidade monetária. |
| | ROIA | -0,46% | 0,42% | Percentual de retorno por mês, além da TMA. |
| | Risco | TIR | -0,70% | 1,74% |
| Payback | | - | 65 meses | Período de tempo estimado para o retorno. |
| TMA/TIR | | -71,50% | 28,74% | Risco de ganhar mais aplicando no mercado do que no projeto. |
| Payback/N | | - | 36,11% | Risco do projeto não se pagar |

Quadro 1 – Síntese dos indicadores de viabilidade econômica individuais a cada sistema
Fonte: elaborado pelo autor.

Os índices VP(C) e VP(R) representam, respectivamente, a somatória dos custos e das receitas, já descapitalizadas pela TMA. A diferença entre VP(R) e VP(C) tem como resultado o VPL, que nada mais é do que a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero (equivalente ao período zero). Quando o VPL é maior que zero, significa que o projeto merece continuar sendo analisado. O VPLa é uma variação do método VPL, na qual o fluxo de caixa representativo do projeto de investimento é transformado em uma série uniforme, por período. Da razão entre VP(R) e VP(C) resulta o IBC, o qual indica se, ao final do horizonte de planejamento, se o projeto proporcionou lucro ($IBC > 1$) ou prejuízo ($IBC \leq 1$).

Entre os indicadores de risco, o *payback* corresponde ao número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios supere o capital investido. Já a TIR pode ser interpretada como sendo o limite superior da variabilidade da TMA, ou seja:

- Se $TMA = TIR$, o ganho do projeto será igual a zero;

- Se $TMA \geq TIR$, é melhor investir na TMA do que no projeto;
- Se a TIR estiver próxima a TMA, o risco do projeto aumenta segundo a proximidade dessas taxas.

Além do cálculo de indicadores, elaborou-se o Gráfico 1, que representam o comportamento do VPL em função da taxa de desconto (TMA) relacionado ao sistema de aproveitamento de águas pluviais.

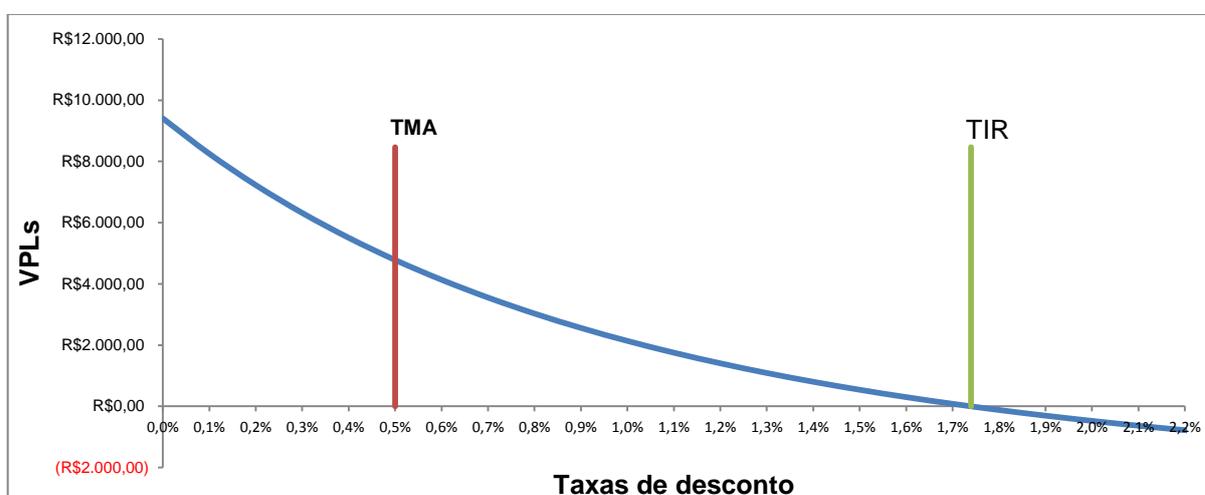


Gráfico 1 – Comportamento do VPL em função da taxa de desconto, referente ao sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tendo gerados os valores dos custos e receitas associados ao projeto em estudo, e com base na TMA, calculou-se a descapitalização dos recursos, ou seja, o valor real que o dinheiro representa em cada período.

Desta forma foi possível montar os fluxos de caixa e descapitalizá-los,. Utilizando desses conceitos e com base em todos os dados levantados no item 7.2.2 e 7.3.2, elaborou-se a estrutura de custos e receitas inerentes aos projetos de investimento. O APÊNDICE G apresenta essa estrutura, referente ao conjunto dos sistemas a serem implantados na residência. Já o valor dos indicadores calculados, e o comportamento do VPL em função da TMA para este caso encontram-se, respectivamente, no Quadro 2 e no Gráfico 2, sendo que as observações do Quadro 1 são válidas também para o Quadro 2.

| | Indicador | Valor |
|-----------|-----------|---------------|
| | VP (C) | R\$ 12.161,72 |
| Retorno | VP (R) | R\$ 12.505,32 |
| | VPL | R\$ 343,60 |
| | VPLA | R\$ 2,90 |
| | IBC | 1,0283 |
| | ROIA | 0,02% |
| | Risco | TIR |
| Payback | | 171 meses |
| TMA/TIR | | 92,37% |
| Payback/N | | 95% |

Quadro 2 – Síntese dos indicadores de viabilidade econômica referentes ao conjunto dos dois sistemas da residência.

Fonte: Elaborado pelo autor.

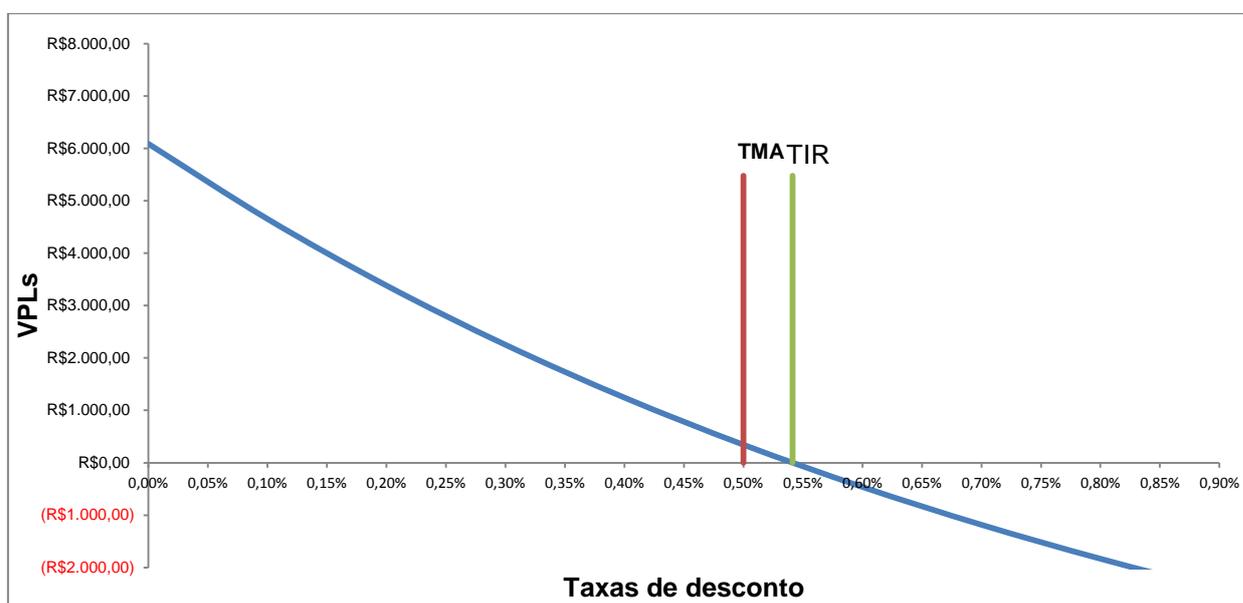


Gráfico 2 – Comportamento do VPL em função da taxa de desconto, referente ao conjunto dos dois sistemas da residência.

7.4.2 Análise e discussão dos resultados

Ao observar os indicadores referentes somente ao sistema de aquecimento solar, verifica-se a inviabilidade econômica do projeto, pois o VPL, mesmo após um

período de 15 anos, mantém-se negativo e representa menos da metade do valor investido. O IBC abaixo de 1 e o ROIA negativos também demonstram o insucesso do investimento quando considerados os critérios econômicos. Neste momento é válido considerar também os aspectos imponderáveis, ou seja, aqueles em que não é possível estabelecer um valor monetário, como por exemplo o benefício proporcionado ao meio ambiente, ao diminuir a demanda de energia elétrica das usinas, e se usado em grande escala pelo país, poderia até reduzir a necessidade de construção de novas hidrelétricas.

No que diz respeito ao uso isolado do sistema de aproveitamento de águas pluviais, as receitas elevadas e o baixo custo mensal proporcionaram índices favoráveis ao investimento. O VPL ao atingir o horizonte de planejamento indica um valor que ultrapassa o dobro do investimento inicial, equivalendo a R\$ 40,35 ao mês. O IBC demonstra que a cada unidade monetária investida, o proprietário recebeu um retorno pouco maior que o dobro do seu valor. No Gráfico 1 pode-se observar que, para o projeto ser economicamente inviável, a TMA precisaria ter um valor igual ou maior que 1,74%. Já o *payback* de 65 meses representa um risco de 36,11% do projeto não se pagar. De modo geral, pode-se considerar que este investimento é viável e possui baixo risco.

O investimento total realizado na residência com vista a atender determinados quesitos relacionados à sustentabilidade, teve sua maior parcela depositada na implantação dos sistemas de aquecimento solar e aproveitamento de águas pluviais. A análise conjunta dos dois sistemas avalia, de um modo geral, a viabilidade desse investimento. Como pode-se observar na planilha contida no APÊNDICE G, ao lado dos períodos também está descrito o mês correspondente a cada um, isso se fez necessário pois os custos e receitas variam mês a mês, dado ao fato de atualmente residência estar sendo executada, com previsão de término para o fim de março, ou seja, considerou-se que os sistemas serão implantados nesse mês, passando a funcionar a partir de abril. Nas primeiras colunas são apresentados os custos e receitas levantados, e o fluxo de caixa correspondente a estes, o qual não está considerando o valor do dinheiro no tempo. Na sequência são repetidas as três colunas, mas com o diferencial de terem sido descapitalizadas, ou seja, agora estão aplicados, sobre os custos e receitas iniciais, os rendimentos da caderneta de poupança, que foi o parâmetro utilizado para TMA. Por fim, o fluxo de

caixa acumulado para simular a recuperação do capital período a período, desta forma, foi possível verificar o período esperado em que ocorreria o *payback*, que foi de 171 meses (equivalente a 14 anos e 3 meses).

O valor presente líquido de R\$ 343,60 representa uma estimativa direta do aumento da riqueza obtida por esse projeto de investimento, tendo um valor de pouco menos da metade do atingido com o uso isolado do sistema de aproveitamento de água das chuvas. Isso significa que o projeto consegue recuperar o investimento inicial (R\$ 10.770,20), remunera também aquilo que teria sido ganho se o capital para esse investimento tivesse sido aplicado na TMA (0,50% a.m.) e ainda sobram, em valores monetários de hoje (data zero), R\$ 343,60 (excesso de caixa). Transformando esse valor em pagamentos equivalentes por mês, estima-se que haverá R\$ 2,90 mensais de retorno (VPLA). O IBC de 1,0283 indica que o projeto é viável, porém para cada real investido, tem-se uma expectativa de ganho de apenas R\$ 1,0283 se essa mesma unidade de capital fosse aplicada à TMA. Ajustando o IBC para um horizonte mais convencional (mês, no caso), obteve-se o valor de 0,02%, que representa a rentabilidade desse período, além da TMA. Projetos como esse, que possuem *payback* próximo ao fim de sua vida econômica, apresentam um grau de risco muito alto (95%). Da mesma forma, a proximidade entre a TMA e a TIR representa um indicativo de risco para o projeto de investimento (92,37%). No Gráfico 2 verifica-se o espectro de validade da decisão (variações no VPL em função da variação na taxa de desconto), evidenciando a distância entre a TMA e a TIR como percepção do risco do empreendimento por eventuais mudanças no cenário econômico.

Em síntese, o projeto de investimento previsto para a residência, apresenta um baixo retorno e um risco alto. Se o mesmo fosse tratado como um empreendimento de uma empresa, o retorno obtido seria considerado insignificante para o horizonte de planejamento considerado. Porém, para a condição de pessoa física, na qual busca-se, além dos benefícios econômicos, agregar a questão sustentável à sua moradia, o mesmo pode ser uma alternativa interessante sempre que seu conjunto se apresentar viável, pois o risco alto sempre existirá pelo fato de a qualquer momento poder surgirem novas políticas governamentais que alterem as tarifas de custos e receitas envolvidas no projeto.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição principal deste trabalho consistiu em analisar a viabilidade do investimento na instalação de sistemas de aquecimento solar e aproveitamento de águas pluviais em uma residência específica na cidade de Pato Branco – PR.

As adequações realizadas nos projetos foram de cunho básico e tiveram como principal intenção verificar a possibilidade de instalação dos sistemas no que diz respeito ao espaço físico, auxiliar na quantificação dos materiais necessários à sua execução, por permitir utilizar um traçado definido de tubulações, e posteriormente exibir detalhes relativos a instalação, como o caso do aquecedor solar, que só foi definido após a escolha do modelo por parte do proprietário.

Uma dificuldade encontrada consistiu no fato de não existir um padrão específico de dimensionamento para aquecedores solares, pois são vários os modelos disponíveis e cada um possui um modo específico de dimensionamento, que geralmente é ensinado em cursos oferecidos pelos fabricantes dos equipamentos. Isso acabou tornando o autor dependente da colaboração de fornecedores para compreender os esquemas de instalação e materiais utilizados. Ao definir o modelo a ser instalado (tubo a vácuo), este se tornou mais um fator limitante ao uso deste trabalho como parâmetro para tomada de decisões de casos semelhantes.

O levantamento de custos e receitas mostra ser a atividade que mais necessita de tratamento refinado, pois é a matéria prima para a realização da análise econômica, e qualquer informação fornecida equivocadamente pode alterar significativamente os resultados do trabalho. Para ambos os sistemas, percebe-se que o custo de instalação foi absolutamente maior em relação aos demais custos envolvidos (operação e manutenção). Já para o levantamento das receitas, buscou-se realizar uma estimativa dos demais custos o mais próximo possível da realidade, e compatível com o perfil da família que irá utilizar a residência. O fato de usar estimativas apresenta o risco de haver sub ou superestimativas das variáveis envolvidas no projeto, por isso ressalta-se a importância do estudo minucioso do que pode ou não fazer parte da análise, e como isso deve ser considerado dentro do estudo.

Quanto a análise econômica, realizou-se o cálculo de indicadores de retorno e de risco para três diferentes cenários: o uso isolado do sistema de aquecimento solar, o uso isolado do sistema de aproveitamento de águas pluviais, e o uso conjunto dos dois sistemas, que representam a maior parte do investimento realizado na residência em busca de obter parâmetros de sustentabilidade. No primeiro caso todos os indicadores apontaram para inviabilidade econômica do projeto, tendo como aspectos positivos para auxiliar na tomada de decisão apenas a consideração dos critérios imponderáveis, que seriam os benefícios ambientais proporcionados pelo uso desse sistema. Já o uso isolado do sistema de aproveitamento de águas pluviais, foi sob o ponto de vista econômico, o melhor investimento a ser realizado dentre os três aspectos analisados, porém, foi possível observar em testes realizados no decorrer da análise, que a demanda de água da residência foi fator determinante para o resultado positivo, pois o consumo relativo a irrigação do jardim representou mais de 50% do uso de água não potável, e conseqüentemente, das receitas também. Sendo assim, percebeu-se que a inexistência da irrigação nesta mesma residência também tornaria esse sistema inviável economicamente.

O terceiro aspecto analisado apresentou um retorno inferior ao segundo, porém também mostrou-se viável economicamente. O lucro gerado pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais custeou o baixo retorno do sistema de aquecimento solar de modo a tornar o conjunto dos sistemas um projeto de investimento viável. Apesar do risco ser considerado alto, a soma dos critérios imponderáveis, como a diminuição da demanda de energia elétrica nas usinas, e de água nos centros de abastecimento, encoraja o proprietário a aumentar a confiança de que o projeto vale a pena.

Uma sugestão trabalhos futuros seria incorporar na análise uma inflação heterogênea, isto é, uma inflação específica para cada setor (água, energia e manutenção) envolvido na constituição dos custos estimados e das receitas esperadas. Para tanto sugere-se a leitura do artigo de Souza e Kliemann Neto (2012).

REFERÊNCIAS

ACQUASAVE. **Aproveitamento inteligente da água de chuva**. Disponível em: <<http://www.metalcacupe.com.br/index.php/acquasave/produtos/kit-residencial>>. Acesso em: 02 set. 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=725&idPerfil=3>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL, 2002. 153 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10184**: Coletores solares planos para líquidos – determinação do rendimento térmico. Rio de Janeiro, 1988.

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

_____. **NBR 11704**: Sistemas fotovoltaicos - Classificação. Rio de Janeiro, 2008b.

_____. **NBR 15491**: Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15569**: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e Instalação. Rio de Janeiro, 2008a.

_____. **NBR 15527** – Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ANA – Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Sinduscon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do Sinduscon-SP – **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol, 2005.

ÂNGULO, Sergio C; ZORDAN, S. E; JHON, V. M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. Escola Politécnica/SP: 2002.

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. 2007. Disponível em: <<http://www.banhoeconomico.com.br/banho2.htm>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

ÁVILA, Antonio V.; LOPES, Oscar C.; LIBRELOTTO, Liziane I. **Orçamento de obras**. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-%20Or%C3%A7amento.pdf>> Acesso em: 24 Out. 2013.

BALDIN, Vitor. **Geração de energia na avicultura de corte a partir da cama de aviário**. 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

BORGES, Leonardo Estrela. Direito Ambiental Internacional e Terrorismo: Os Impactos no Meio Ambiente. **ESMPU - Boletim Científico**. Brasília, a. II, n. 9, p. 75-94, out./dez. 2003.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2011**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/Arquivos_SNIS/5_DIAGNOSTICOS/5.1_Agua&Esgotos/5.1.16_Diagnostico2010/Planilhas/Planilhas_AE2010_Resumo.zip>. Acesso em: 31 ago. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Relatório do Grupo de Trabalho em Sistemas Fotovoltaicos** – GT-GDSF. Brasília, 2009. 222 p. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mmegtsf.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

BRENNAN, Andrew & Lo, Yeuk-Sze. Environmental Ethics. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, outono de 2011.

BUARQUE, C.R.C. **Avaliação Econômica de Projetos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 266p.

BUDIARDJO, I.; MORRISON, G. L. Performance of water-in-glass evacuated tube solar water heaters. Sidney, Austrália. **Solar Energy**, vol. 83, p. 49-56. 2009.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B.H. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2000. 458p

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B.H. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 411p

CAVALCANTI, Clóvis et al. **Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável**. Recife, PE: Ministério da Educação, 1994, 262 p.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fe3a5cb971ca23bf503257488005939ba>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

COOPER, Ellison; JUNIOR, Wellyngton M. M.; **Aplicação de painéis solares fotovoltaicos como fonte geradora complementar de energia elétrica em residências**. 2013. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

DEACON, Robert T. **Deforestation and Ownership: evidence for historical accounts and contemporary data**. In: *Land Economics*, agosto de 1999; 75(03):341-359

DIAS, Lucilene Silva. **Estudo Prospectivo e Econômico da Substituição do Chuveiro Elétrico pelo Aquecedor Solar na Cidade de Uberlândia – MG**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2005.

EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 19 jul. 2013.

FAMAC. Motobomba Periférica Standardt – XKm 60-I e Auto-aspirante XKSm 60-I. Disponível em: <<http://famac.ind.br/imagens/produtos/arquivos/curvas-781340814980.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

FERNANDES, Marcus Neves. **A cor da sua água**. Disponível em: <http://www.beachco.com.br/v2/sustentabilidade/a-cor-da-sua-agua.html>. Acesso em: 02 set. 2013.

FERREIRA, A. L. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P. **Áreas para captação de água de chuva**. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais. p. 1-8, 2011. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/173/1/andreluiz_agua_GTB.pdf>. Acesso em: 01 set. 2013.

FINEP. **Levantamento do estado da arte: energia solar. Projeto: tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-3_energia_solar.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2013.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

GOERCK, M. Determinação do potencial energético de um coletor solar foto térmico na região do vale do Taquari – RS. Centro Universitário Univates. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento).

GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_apostila.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2013.

GUIA DO ESTUDANTE. **Problemas Ambientais – resumos, dicas e questões de vestibular**. 2010. Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/estudar/geografia/problemas-ambientais-resumo-dicas-questoes-vestibular-601464.shtml>>. Acesso em: 02 set. 2013.

GUISI, Eneid; CORDOVA, Marcelo M.; ROCHA, Vinicius L. **Netuno: aproveitamento de águas pluviais no setor residencial**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/netuno>>. Acesso em: 02 set. 2013.

KREUZ, C. L.; SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Custos de Produção, Expectativas de Retorno e de Riscos do Agronegócio Mel no Planalto Norte de Santa Catarina**. 2008, revista Custo e Agronegócio on line – v.4, n.1 – janeiro/abril – 2008.

LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Casa Eficiente: uso racional da água. v. 3 (72 p.); editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis : UFSC, 2010a.

LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Casa Eficiente: consumo e geração de energia. v. 2 (76 p.); editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis : UFSC, 2010b.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores, São Paulo, 1997.

LAFAY, Jean-Marc S. **Sistema fotovoltaico no Brasil e no mundo**. [S.l.]: [s.n.], [2013]. 1 disco laser.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação Ambiental da Construção Civil – Sistemas Leed e Aqua**. 2011. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LIANG R. et al. **Theoretical and experimental investigation of filled-type evacuated tube solar collector with U tube**. Dalian, China. Solar Energy. Vol. 85, p. 1735-1744. 2011.

LIANGDONG Ma. et al. **Thermal performance analysis of the glass evacuated tube solar collector with U-tube**. Dalian, China. Building and Environment. Vol. 45, p. 1959-1967. 2010.

LIMA, J.B.A. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS**. 2003. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2003.

LIMA, J.D. de. **Proposição de um Sistema de Planejamento da Produção Olerícola nas Unidades de Produção Familiar**. 2010. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. São Paulo: Manole, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 443, de 03 de outubro de 1978**. Brasília, DF. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_443.pdf>. Acesso em: 01 set. 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Padrões mínimos de qualidade da água para consumo humano. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 01 set. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Energia Solar. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-solar>>. Acesso em: 08 jan. 2014.

NEVES, João C. M. das. Avaliação técnico-econômica de um aquecedor solar de água com coletor de tubos a vácuo, na cidade de Cascavel – PR. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2013. 41p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura).

NETTO, José M. A. et al. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 669p, 1998.

NEWHOME. **Coletores tubulares a vácuo**. Disponível em: <http://www.newhome.com.br/HTMLs/Ekohome/Solar/T%C3%A9rmico/ColetorTubVac.htm>. Acesso em: dezembro de 2013.

NICLOTI, M. Vantagens e desvantagens do uso de aquecedores solares de tubo a vácuo. [S.l.]: [s.n.], [2014]. 1 disco laser.

NOGUEIRA, E. **Análise de investimentos**. In: BATALHA, M. O. (coord.). Gestão agroindustrial. 5 ed. v.2. São Paulo: Ed. Atlas, 2009.

NORTON, B. Anatomy of a solar collector. **Refocus**, vol. 7, cd. 3, p. 32-35. 2006.

OLIVEIRA, Sulayre M. de; **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares**: estudo de caso em Palhoça – SC. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2005.

ONU – Organização das Nações Unidas. **O futuro que queremos**. 2012. Disponível em: < <http://www.onu.org.br/rio20/documentos/> >. Acesso em: ago. 2013.

PINHEIRO, Gustavo F. **O Gerenciamento da Construção Civil e o Desenvolvimento Sustentável**: Um enfoque sobre os profissionais da área de edificações. Campinas/SP, 2002.

PIT – Programa Inovação Tecnológica. 2012. Disponível em: <<http://www.pit.org.br/noticia/constru-es-sustent-veis-um-desafio-ser-vencido>>. Acesso em: 03 ago. 2013.

PNE - Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME : EPE, 2007. p. 324.

PREFEITURA Municipal de Pato Branco. Informações gerais do município. Disponível em: <<http://www.patobranco.pr.gov.br/municipio4.aspx>>. Acesso em: 03 jan. 2014.

PROJETO Universitário – Sustentabilidade. Disponível em: <<http://sustentabilidade.blogspot.com.br/p/projetos.html>> Acesso em: 02 set. 2013.

QUALIDADE em instalações de aquecimento solar – boas práticas. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Qualidade_em_Instalacoes_de_Aquecimento_Solar.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2014.

RASOTO, A.; GNOATTO, A.A.; OLIVEIRA, A.G. de; ROSA, C.F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H.A. de; LIMA, I.A. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; RASOTO, V.I. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. Série UTFInova. Curitiba: Aymará, 2012, v.10. 148p.

REBELATTO, Daisy. **Projeto de investimento**. Barueri – SP: Manole. 2004.

RUSCHEL, Rogério. **Artigo: “Resumo da Rio +20”**. 2012. Disponível em: <www.portalviva.com.br>. Acesso em: 02 set. 2013.

RUSSOMANO, Juliana. **Água de reuso ajuda na preservação ambiental**. Agência Brasil, 2013. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-03-22/agua-de-reuso-ajuda-na-preservacao-ambiental>>. Acesso em: 02 set. 2013.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Editora USFC/LABSOLAR, Florianópolis: 2004.

RÜTHER, Ricardo. **O Potencial da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**. Apresentação. Solar Energy LatinAmerica 2011. Rio de Janeiro, 2011.

RÜTHER, Ricardo et al. **Desempenho Energético de Três Sistemas Solares Fotovoltaicos Integrados a Edificações Urbanas e Conectados à Rede Elétrica**. Florianópolis: UFSC / TRACTEBEL. Disponível em: <www.tractebelenergia.com.br/wps/wcm/connect/9562897c-10ec-404c-9884-137650e1ae06/13.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=9562897c-10ec-404c-9884-137650e1ae06>. Acesso em: 31 ago. 2013.

SACADURA, Francisco O. M. O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2011.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. Tabela de Tarifas de Saneamento Básico. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/tabela_tarifas_saneamento_basico.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2014.

SILVA, Selênio R.; **Fundamentos em fontes alternativas de energia: energia fotovoltaica**. Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG, 2013. Disponível em: <http://www.cpdee.ufmg.br/~selenios/Geracao/EEE024-2013_3.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2013.

SNATURAL – **Tratamento de Água e Efluentes**. Disponível em: <http://snatural.com.br/PDF_arquivos/Equipamentos-Tratamento-agua.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2013.

SOLAR MINAS. **Aquecimento Solar da Água**. Disponível em: <<http://solarminas.blogspot.com.br/2011/05/aquecimento-solar-da-agua.html>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

SOLETROL, aquecedores solares de água. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 186p. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2012nahead/aop_t6_0003_0163.pdf> Acesso em: fev. 2014.

SOUZA, Joana S. de; KLIEMANN NETO, Francisco José; **O impacto da incorporação da inflação na análise de projetos de investimentos**. Porto Alegre: PUCRS, janeiro de 2012.

STRADULIS, Tatiana Góes Peixoto. **Relatório final de instrumentação para o ensino – coletor de energia solar**. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/vie/F809/F809_sem2_2003/003391TatianaS_Cicero_F809_RF.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2013.

TIGRE. **Grelha hemisfer flexível**. Disponível em: <http://www.tigre.com.br/pt/produtos_unico.php?rcr_id=4&cpr_id=9&cpr_id_pai=4&lnh_id=26&prd_id=17>. Acesso em: 21 jan. 2014.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: PINI, 2006.

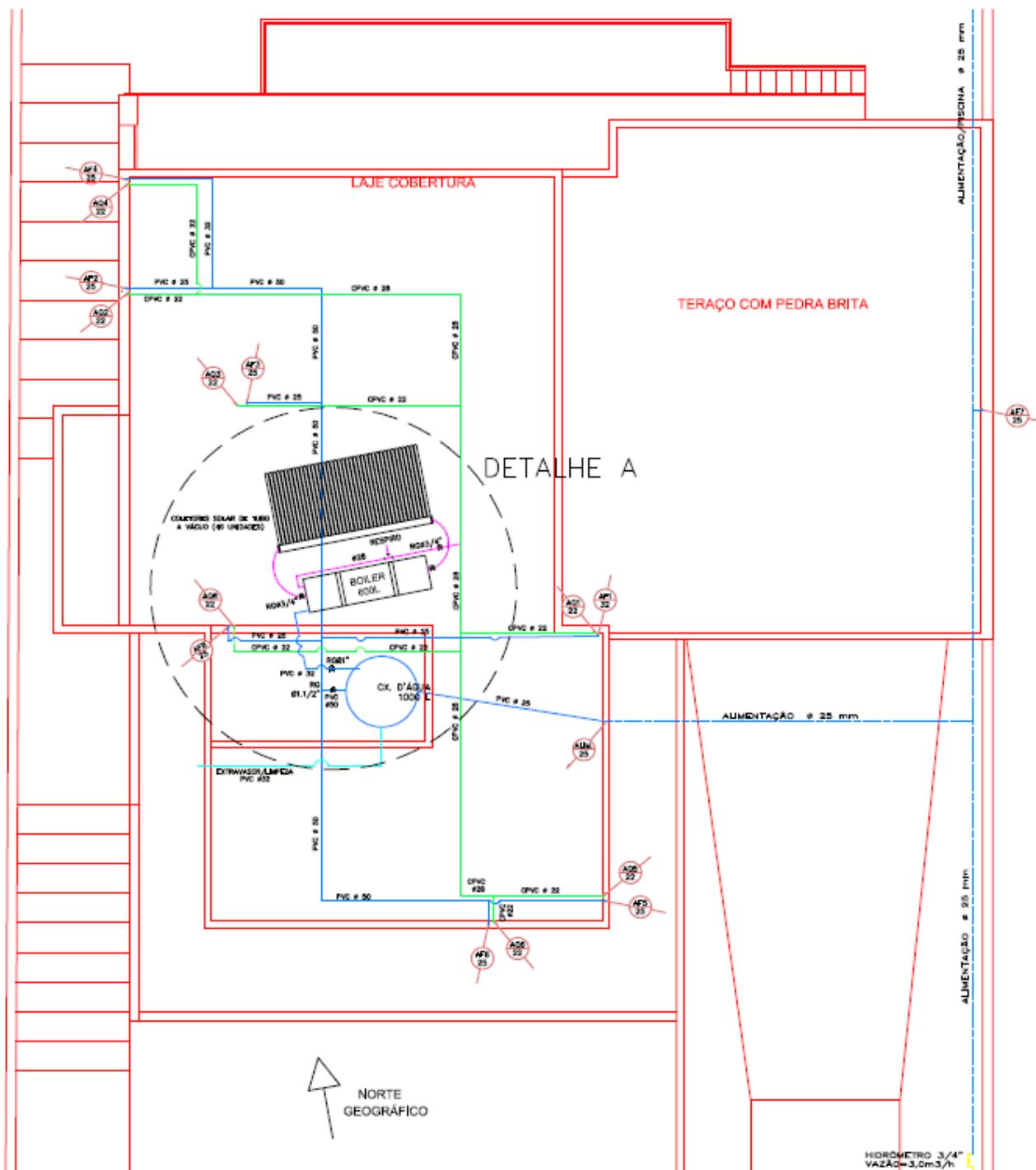
WILLIAMS, Michael. **Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past**. In: *Journal of Historical Geography*, 2000; 26(01):28–46.

WWF BRASIL. **Além de Grandes Hidrelétricas: sumário para tomadores de decisão**. 2012. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

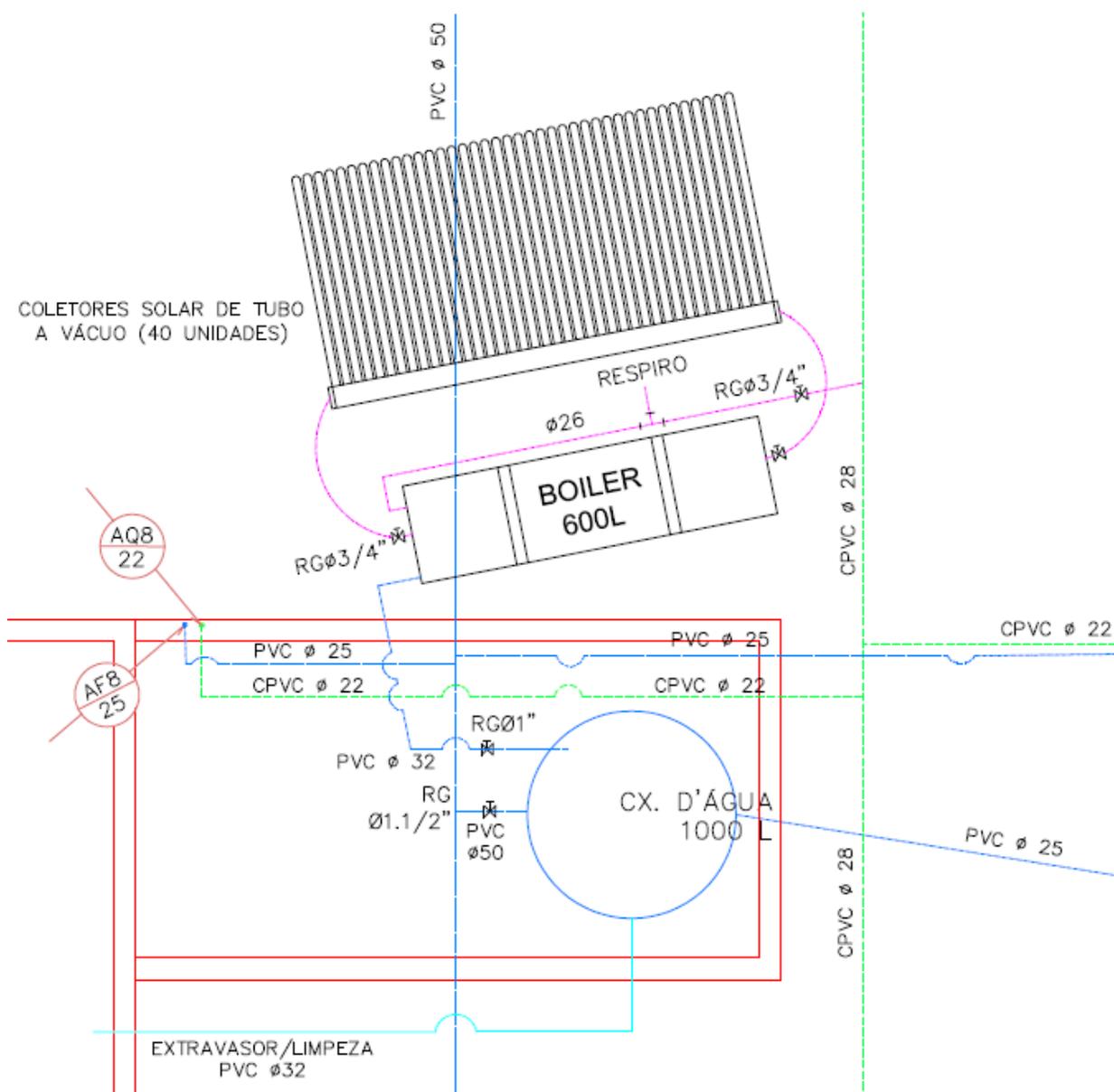
VILLALVA, M.G.; GAZOLI J.R., **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**, 1. Ed, São Paulo : Érica, 2012.

APÊNDICES

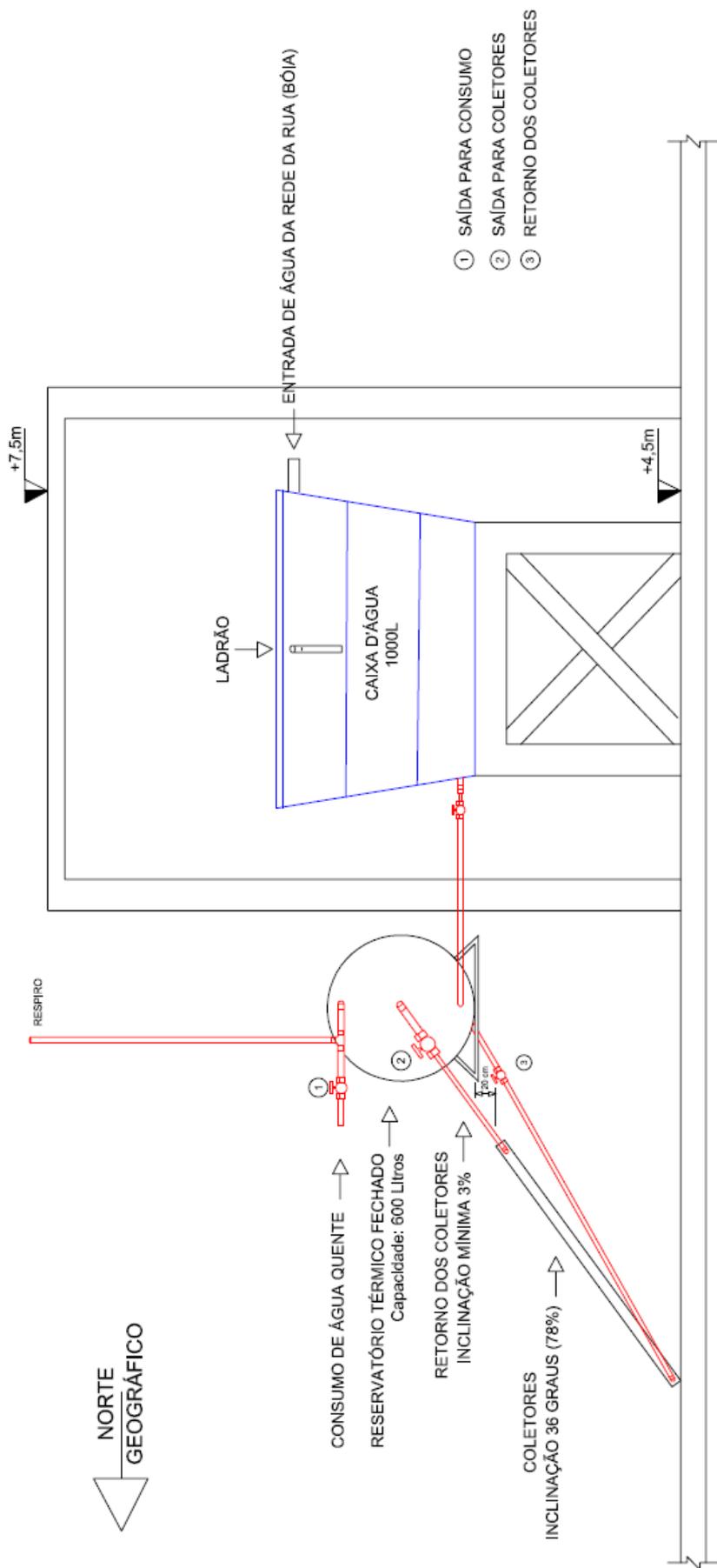
APÊNDICE A - Projeto hidrossanitário de água fria e água quente adaptado e esquema do aquecedor solar.



Instalações hidrossanitárias de água quente e fria adaptado – Barrilete



Detalhe A – Barrilete



Coletor Solar - Esquema de instalação

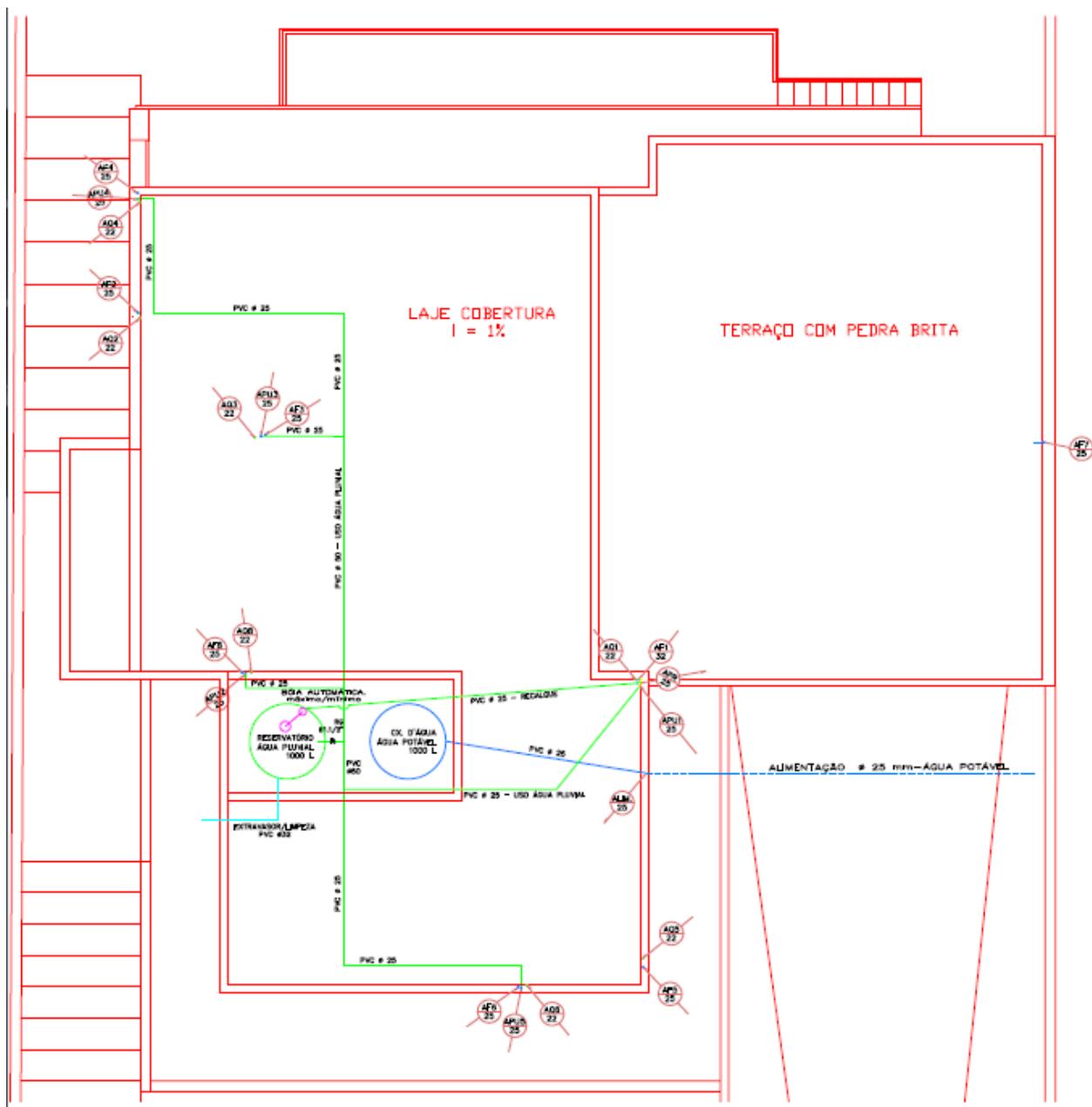
APÊNDICE C – Levantamento de custos relativos à instalação do sistema de aquecimento solar.

| Descrição | Qtd. | Unid. | Valor Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|-----------------------------------|-------------|--------------|---------------------------------|------------------------------|
| Tubo Alumínio/PEX 26 mm | 12 | m | 18,00 | 216,00 |
| Registro ¾" água quente | 3 | pç | 33,00 | 99,00 |
| Conector macho prensar 26 mm | 6 | pç | 20,00 | 120,00 |
| Conector fêmea prensar 26 mm | 6 | pç | 23,00 | 138,00 |
| Conector fêmea 32x26 mm prensar | 1 | Pç | 35,50 | 35,50 |
| Tampão 32 mm | 1 | pç | 2,50 | 2,50 |
| Conector fêmea 26x22 mm (respiro) | 1 | Pç | 22,00 | 22,00 |
| Joelho 90 soldável 25 mm | 5 | Pç | 0,65 | 3,25 |
| Tê soldável 25 mm | 1 | pç | 0,60 | 0,60 |
| Registro 25 mm | 1 | pç | 11,90 | 11,90 |
| Tubo soldável 25 mm | 5 | M | 2,65 | 13,25 |
| Reservatório Térmico 600 Litros | 1 | pç | 2050,00 | 2050,00 |
| Relógio Temporizador | 1 | pç | 250,00 | 250,00 |
| Tubos a vácuo | 40 | pç | 72,50 | 2900,00 |
| Acessórios instalação elétrica | 1 | gb | 20,00 | 20,00 |
| Mão de Obra | 1 | gb | 800,00 | 800,00 |
| | | | TOTAL (R\$) | 6642,00 |

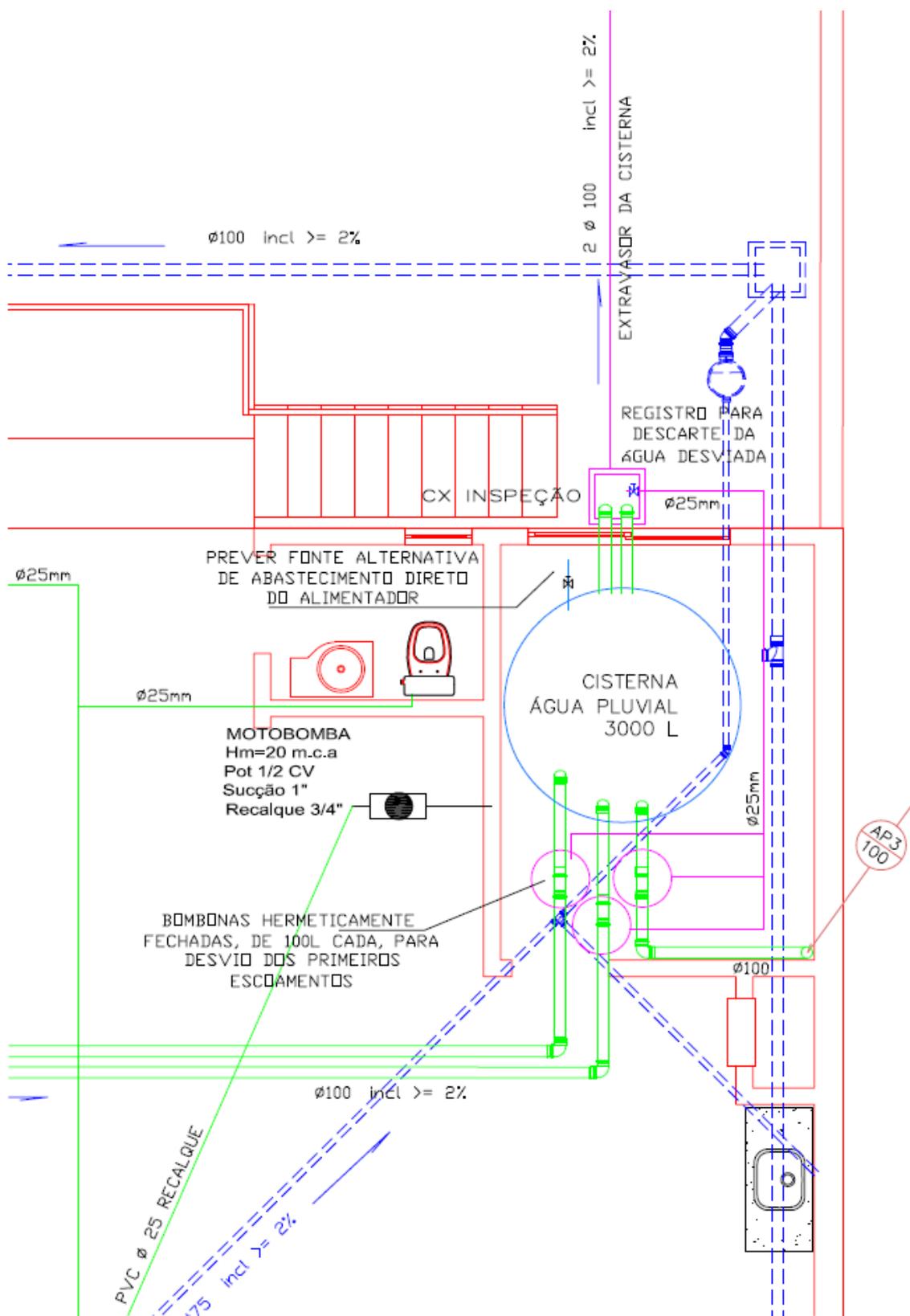
APÊNDICE D – Consumo de água do proprietário da residência nos últimos 12 meses.

| 2013 | m³ |
|--------------|----------------------|
| Janeiro | 28 |
| Fevereiro | 31 |
| Março | 21 |
| Abril | 23 |
| Maio | 20 |
| Junho | 20 |
| Julho | 20 |
| Agosto | 24 |
| Setembro | 26 |
| Outubro | 25 |
| Novembro | 29 |
| Dezembro | 30 |
| Média | 24,75 |

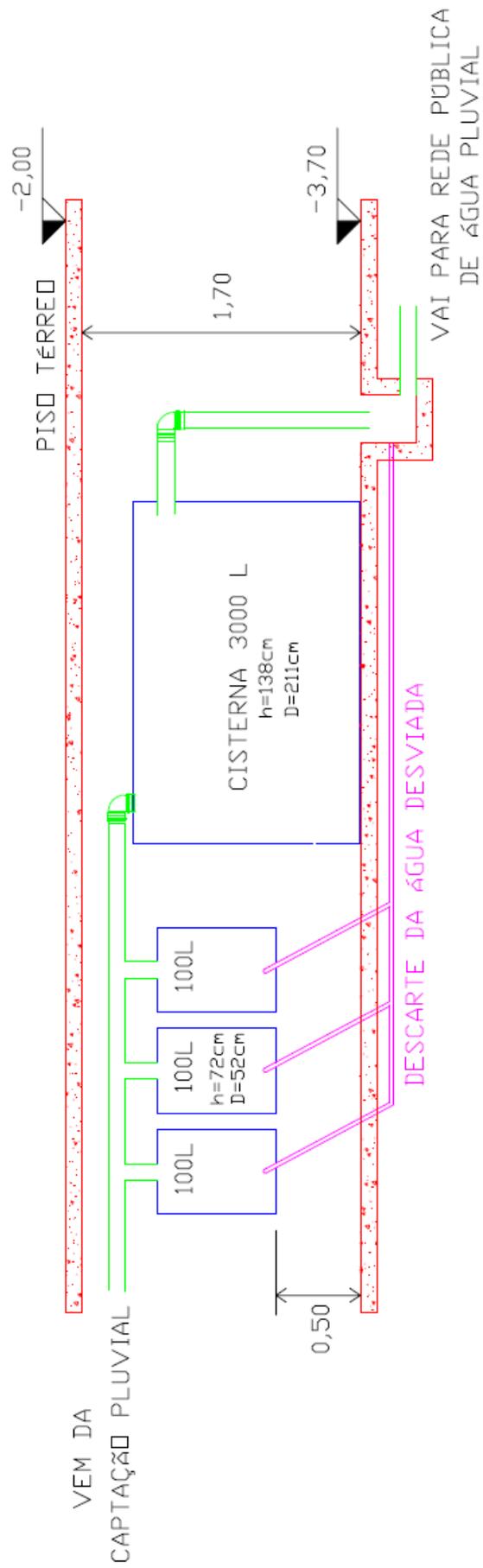
APÊNDICE E – Projeto adaptado de instalações hidrossanitárias de esgoto, e de captação e aproveitamento de águas pluviais



Barrilete (sem escala)



Detalhe A (sem escala)



Esquema de instalação

APÊNDICE F – Levantamento de custos relativos à instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

| Material | Unid. | Qtd. | R\$ Unit. | R\$ Total |
|--|--------------|-------------|----------------------|----------------------|
| Reservatório de água 3000L | pç | 1 | 1150,00 | 1150,00 |
| Reservatório de água 1000L | pç | 1 | 239,90 | 239,90 |
| Bombona com fechamento hermético 100L | pç | 3 | 118,50 | 355,50 |
| Motobomba 1/2 cv | pç | 1 | 400,00 | 400,00 |
| Válvula de pé com crivo 1" roscável | pç | 1 | 20,92 | 20,92 |
| Válvula de retenção 25mm soldável | pç | 1 | 23,53 | 23,53 |
| Bóia automática | pç | 1 | 28,90 | 28,90 |
| Grelha hemisfer flexível | pç | 3 | 11,85 | 35,55 |
| Registro de gaveta 1.1/2" | pç | 1 | 55,00 | 55,00 |
| Registro de gaveta 1" | pç | 1 | 38,50 | 38,50 |
| Registro de gaveta 3/4" | pç | 8 | 25,00 | 200,00 |
| Tubo PVC 100mm esgoto | m | 19 | 7,38 | 140,22 |
| Tubo PVC 50mm soldável | m | 7 | 5,13 | 35,91 |
| Tubo PVC 32mm soldável | m | 16 | 6,65 | 106,40 |
| Tubo PVC 25mm soldável | m | 96 | 2,25 | 216,00 |
| Tê 90 esgoto 100mm | pç | 3 | 8,50 | 25,50 |
| Tê 90 soldável 50mm | pç | 1 | 4,40 | 4,40 |
| Tê 90 soldável 32mm | pç | 4 | 3,20 | 12,80 |
| Tê 90 soldável 25mm | pç | 5 | 0,81 | 4,05 |
| Tê de redução soldável 50x25mm | pç | 3 | 7,21 | 21,63 |
| Tê de redução soldável 50x32mm | pç | 1 | 12,10 | 12,10 |
| Bucha de redução soldável longa 50x25mm | pç | 1 | 3,23 | 3,23 |
| Joelho 90 esgoto 100mm | pç | 5 | 4,95 | 24,75 |
| Joelho 90 soldável 110mm | pç | 2 | 11,95 | 23,90 |
| Joelho 90 soldável 50mm | pç | 2 | 4,56 | 9,12 |
| Joelho 90 soldável 32mm | pç | 4 | 1,75 | 7,00 |
| Joelho 90 soldável 25mm | pç | 25 | 0,58 | 14,50 |
| Joelho 90 soldável com bucha de latão 25x1/2" | pç | 6 | 4,70 | 28,20 |
| Luva esgoto 100mm de correr | pç | 2 | 11,93 | 23,86 |
| Luva esgoto 100mm simples | pç | 8 | 3,87 | 30,96 |
| Luva soldável 25mm | pç | 8 | 0,54 | 4,32 |
| Luva soldável com bucha de latão 25x1/2" | pç | 2 | 4,61 | 9,22 |
| Adaptador soldável com flanges livres 25 x 3/4" | pç | 5 | 9,90 | 49,50 |
| Adaptador soldável com flanges livres 32 x 1" | pç | 1 | 11,90 | 11,90 |
| Adaptador soldável com flanges livres 50 x 1.1/2" | pç | 1 | 19,80 | 19,80 |
| Adaptador soldável com bolsa e rosca p/ registro 50 x 1.1/2" | pç | 1 | 3,60 | 3,60 |
| Adaptador soldável com bolsa e rosca p/ registro 32 x 1" | pç | 3 | 1,43 | 4,29 |
| Adaptador soldável com bolsa e rosca p/ registro 25 x 3/4" | pç | 16 | 0,84 | 13,44 |
| Adesivo plástico para PVC incolor 175g | pç | 2 | 9,90 | 19,80 |
| Mão de obra | gb | 1 | 700,00 | 700,00 |
| | | | TOTAL: | 4128,20 |

APÊNDICE G – Planilha de custos, receitas, e fluxo de caixa, relacionados ao conjunto dos sistemas da residência (aquecimento solar e aproveitamento de águas pluviais).

| Período | Mês | Custo (C) | Receita (R) | FC | C desc. | R desc. | FC desc. | FC descapitalizado acumulado |
|---------|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|------------------------------|
| 0 | | R\$ 10.770,20 | R\$ 0,00 | -R\$ 10.770,20 | R\$ 10.770,20 | R\$ 0,00 | -R\$ 10.770,20 | -R\$ 10.770,20 |
| 1 | Abril | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 7,65 | R\$ 108,33 | R\$ 100,68 | -R\$ 10.669,52 |
| 2 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 10,74 | R\$ 107,79 | R\$ 97,05 | -R\$ 10.572,47 |
| 3 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 20,06 | R\$ 125,99 | R\$ 105,93 | -R\$ 10.466,54 |
| 4 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 19,96 | R\$ 125,36 | R\$ 105,41 | -R\$ 10.361,13 |
| 5 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 10,58 | R\$ 106,19 | R\$ 95,61 | -R\$ 10.265,53 |
| 6 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 7,46 | R\$ 105,66 | R\$ 98,20 | -R\$ 10.167,32 |
| 7 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 13,38 | R\$ 92,27 | R\$ 78,89 | -R\$ 10.088,43 |
| 8 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 8,51 | R\$ 91,81 | R\$ 83,30 | -R\$ 10.005,13 |
| 9 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 8,47 | R\$ 91,36 | R\$ 82,89 | -R\$ 9.922,24 |
| 10 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 8,42 | R\$ 90,90 | R\$ 82,48 | -R\$ 9.839,76 |
| 11 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 8,38 | R\$ 90,45 | R\$ 82,07 | -R\$ 9.757,70 |
| 12 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 8,34 | R\$ 90,00 | R\$ 81,66 | -R\$ 9.676,04 |
| 13 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 11,89 | R\$ 102,04 | R\$ 90,15 | -R\$ 9.585,89 |
| 14 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 10,12 | R\$ 101,53 | R\$ 91,41 | -R\$ 9.494,48 |
| 15 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 18,89 | R\$ 118,67 | R\$ 99,78 | -R\$ 9.394,70 |
| 16 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 18,80 | R\$ 118,08 | R\$ 99,28 | -R\$ 9.295,42 |
| 17 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 9,97 | R\$ 100,02 | R\$ 90,05 | -R\$ 9.205,37 |
| 18 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 7,03 | R\$ 99,52 | R\$ 92,50 | -R\$ 9.112,87 |
| 19 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 12,60 | R\$ 86,91 | R\$ 74,31 | -R\$ 9.038,56 |
| 20 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 8,01 | R\$ 86,48 | R\$ 78,46 | -R\$ 8.960,10 |
| 21 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,97 | R\$ 86,05 | R\$ 78,07 | -R\$ 8.882,02 |
| 22 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,93 | R\$ 85,62 | R\$ 77,69 | -R\$ 8.804,34 |
| 23 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,90 | R\$ 85,19 | R\$ 77,30 | -R\$ 8.727,04 |
| 24 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,86 | R\$ 84,77 | R\$ 76,91 | -R\$ 8.650,12 |
| 25 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 11,20 | R\$ 96,11 | R\$ 84,91 | -R\$ 8.565,22 |
| 26 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 9,53 | R\$ 95,63 | R\$ 86,10 | -R\$ 8.479,12 |
| 27 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 17,79 | R\$ 111,78 | R\$ 93,98 | -R\$ 8.385,13 |
| 28 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 17,71 | R\$ 111,22 | R\$ 93,51 | -R\$ 8.291,62 |
| 29 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 9,39 | R\$ 94,21 | R\$ 84,82 | -R\$ 8.206,80 |
| 30 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 6,62 | R\$ 93,74 | R\$ 87,12 | -R\$ 8.119,68 |
| 31 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 11,87 | R\$ 81,86 | R\$ 69,99 | -R\$ 8.049,68 |
| 32 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,55 | R\$ 81,45 | R\$ 73,91 | -R\$ 7.975,78 |
| 33 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,51 | R\$ 81,05 | R\$ 73,54 | -R\$ 7.902,24 |
| 34 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,47 | R\$ 80,65 | R\$ 73,17 | -R\$ 7.829,07 |
| 35 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,44 | R\$ 80,25 | R\$ 72,81 | -R\$ 7.756,26 |
| 36 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,40 | R\$ 79,85 | R\$ 72,45 | -R\$ 7.683,81 |
| 37 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 10,55 | R\$ 90,52 | R\$ 79,98 | -R\$ 7.603,84 |

| Período | Mês | Custo (C) | Receita (R) | FC | C desc. | R desc. | FC desc. | FC descapitalizado acumulado |
|---------|-----------|-------------|---------------|------------|-----------|------------|-----------|------------------------------|
| 38 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 8,98 | R\$ 90,07 | R\$ 81,10 | -R\$ 7.522,74 |
| 39 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 16,76 | R\$ 105,28 | R\$ 88,52 | -R\$ 7.434,22 |
| 40 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 16,68 | R\$ 104,76 | R\$ 88,08 | -R\$ 7.346,13 |
| 41 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 8,84 | R\$ 88,74 | R\$ 79,89 | -R\$ 7.266,24 |
| 42 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 6,23 | R\$ 88,29 | R\$ 82,06 | -R\$ 7.184,18 |
| 43 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 11,18 | R\$ 77,11 | R\$ 65,93 | -R\$ 7.118,25 |
| 44 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,11 | R\$ 76,72 | R\$ 69,61 | -R\$ 7.048,64 |
| 45 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,07 | R\$ 76,34 | R\$ 69,27 | -R\$ 6.979,38 |
| 46 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,04 | R\$ 75,96 | R\$ 68,92 | -R\$ 6.910,45 |
| 47 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 7,00 | R\$ 75,58 | R\$ 68,58 | -R\$ 6.841,88 |
| 48 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,97 | R\$ 75,21 | R\$ 68,24 | -R\$ 6.773,64 |
| 49 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 9,93 | R\$ 85,27 | R\$ 75,33 | -R\$ 6.698,31 |
| 50 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 8,46 | R\$ 84,84 | R\$ 76,39 | -R\$ 6.621,92 |
| 51 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 15,79 | R\$ 99,17 | R\$ 83,38 | -R\$ 6.538,54 |
| 52 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 15,71 | R\$ 98,67 | R\$ 82,96 | -R\$ 6.455,58 |
| 53 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 8,33 | R\$ 83,58 | R\$ 75,25 | -R\$ 6.380,33 |
| 54 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 5,87 | R\$ 83,17 | R\$ 77,29 | -R\$ 6.303,03 |
| 55 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 10,53 | R\$ 72,63 | R\$ 62,10 | -R\$ 6.240,94 |
| 56 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,70 | R\$ 72,27 | R\$ 65,57 | -R\$ 6.175,37 |
| 57 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,66 | R\$ 71,91 | R\$ 65,24 | -R\$ 6.110,13 |
| 58 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,63 | R\$ 71,55 | R\$ 64,92 | -R\$ 6.045,21 |
| 59 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,60 | R\$ 71,19 | R\$ 64,59 | -R\$ 5.980,61 |
| 60 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,56 | R\$ 70,84 | R\$ 64,27 | -R\$ 5.916,34 |
| 61 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 9,36 | R\$ 80,31 | R\$ 70,95 | -R\$ 5.845,39 |
| 62 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 7,96 | R\$ 79,91 | R\$ 71,95 | -R\$ 5.773,44 |
| 63 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 14,87 | R\$ 93,41 | R\$ 78,54 | -R\$ 5.694,90 |
| 64 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 14,80 | R\$ 92,94 | R\$ 78,15 | -R\$ 5.616,76 |
| 65 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 7,85 | R\$ 78,73 | R\$ 70,88 | -R\$ 5.545,88 |
| 66 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 5,53 | R\$ 78,33 | R\$ 72,80 | -R\$ 5.473,07 |
| 67 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 9,92 | R\$ 68,41 | R\$ 58,49 | -R\$ 5.414,58 |
| 68 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,31 | R\$ 68,07 | R\$ 61,76 | -R\$ 5.352,83 |
| 69 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,28 | R\$ 67,73 | R\$ 61,45 | -R\$ 5.291,37 |
| 70 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,25 | R\$ 67,39 | R\$ 61,15 | -R\$ 5.230,23 |
| 71 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,21 | R\$ 67,06 | R\$ 60,84 | -R\$ 5.169,39 |
| 72 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 6,18 | R\$ 66,72 | R\$ 60,54 | -R\$ 5.108,85 |
| 73 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 8,81 | R\$ 75,65 | R\$ 66,83 | -R\$ 5.042,01 |
| 74 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 7,50 | R\$ 75,27 | R\$ 67,77 | -R\$ 4.974,25 |
| 75 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 14,01 | R\$ 87,98 | R\$ 73,97 | -R\$ 4.900,27 |
| 76 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 13,94 | R\$ 87,54 | R\$ 73,61 | -R\$ 4.826,67 |
| 77 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 7,39 | R\$ 74,15 | R\$ 66,76 | -R\$ 4.759,91 |
| 78 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 5,21 | R\$ 73,78 | R\$ 68,57 | -R\$ 4.691,33 |
| 79 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 9,34 | R\$ 64,43 | R\$ 55,09 | -R\$ 4.636,24 |
| 80 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,94 | R\$ 64,11 | R\$ 58,17 | -R\$ 4.578,07 |

| Período | Mês | Custo (C) | Receita (R) | FC | C desc. | R desc. | FC desc. | FC descapitalizado acumulado |
|---------|-----------|-------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| 81 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,91 | R\$ 63,79 | R\$ 57,88 | -R\$ 4.520,19 |
| 82 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,88 | R\$ 63,48 | R\$ 57,59 | -R\$ 4.462,59 |
| 83 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,85 | R\$ 63,16 | R\$ 57,31 | -R\$ 4.405,29 |
| 84 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,82 | R\$ 62,85 | R\$ 57,02 | -R\$ 4.348,26 |
| 85 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 8,30 | R\$ 71,25 | R\$ 62,95 | -R\$ 4.285,31 |
| 86 | Mai | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 7,07 | R\$ 70,90 | R\$ 63,83 | -R\$ 4.221,48 |
| 87 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 13,19 | R\$ 82,87 | R\$ 69,68 | -R\$ 4.151,81 |
| 88 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 13,13 | R\$ 82,46 | R\$ 69,33 | -R\$ 4.082,48 |
| 89 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 6,96 | R\$ 69,84 | R\$ 62,88 | -R\$ 4.019,59 |
| 90 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 4,91 | R\$ 69,50 | R\$ 64,59 | -R\$ 3.955,00 |
| 91 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 8,80 | R\$ 60,69 | R\$ 51,89 | -R\$ 3.903,11 |
| 92 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,60 | R\$ 60,39 | R\$ 54,79 | -R\$ 3.848,32 |
| 93 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,57 | R\$ 60,09 | R\$ 54,52 | -R\$ 3.793,80 |
| 94 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,54 | R\$ 59,79 | R\$ 54,25 | -R\$ 3.739,55 |
| 95 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,51 | R\$ 59,49 | R\$ 53,98 | -R\$ 3.685,58 |
| 96 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,49 | R\$ 59,20 | R\$ 53,71 | -R\$ 3.631,87 |
| 97 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 7,82 | R\$ 67,11 | R\$ 59,29 | -R\$ 3.572,57 |
| 98 | Mai | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 6,66 | R\$ 66,78 | R\$ 60,12 | -R\$ 3.512,45 |
| 99 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 12,43 | R\$ 78,05 | R\$ 65,63 | -R\$ 3.446,82 |
| 100 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 12,36 | R\$ 77,67 | R\$ 65,30 | -R\$ 3.381,52 |
| 101 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 6,56 | R\$ 65,79 | R\$ 59,23 | -R\$ 3.322,29 |
| 102 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 4,62 | R\$ 65,46 | R\$ 60,84 | -R\$ 3.261,45 |
| 103 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 8,29 | R\$ 57,16 | R\$ 48,88 | -R\$ 3.212,58 |
| 104 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,27 | R\$ 56,88 | R\$ 51,61 | -R\$ 3.160,97 |
| 105 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,25 | R\$ 56,60 | R\$ 51,35 | -R\$ 3.109,62 |
| 106 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,22 | R\$ 56,32 | R\$ 51,10 | -R\$ 3.058,52 |
| 107 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,19 | R\$ 56,04 | R\$ 50,84 | -R\$ 3.007,68 |
| 108 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 5,17 | R\$ 55,76 | R\$ 50,59 | -R\$ 2.957,09 |
| 109 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 7,37 | R\$ 63,21 | R\$ 55,85 | -R\$ 2.901,24 |
| 110 | Mai | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 6,27 | R\$ 62,90 | R\$ 56,63 | -R\$ 2.844,61 |
| 111 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 11,70 | R\$ 73,52 | R\$ 61,82 | -R\$ 2.782,79 |
| 112 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 11,65 | R\$ 73,15 | R\$ 61,51 | -R\$ 2.721,29 |
| 113 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 6,18 | R\$ 61,96 | R\$ 55,79 | -R\$ 2.665,50 |
| 114 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 4,35 | R\$ 61,66 | R\$ 57,30 | -R\$ 2.608,19 |
| 115 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 7,81 | R\$ 53,84 | R\$ 46,04 | -R\$ 2.562,16 |
| 116 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,97 | R\$ 53,58 | R\$ 48,61 | -R\$ 2.513,55 |
| 117 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,94 | R\$ 53,31 | R\$ 48,37 | -R\$ 2.465,18 |
| 118 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,92 | R\$ 53,04 | R\$ 48,13 | -R\$ 2.417,05 |
| 119 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,89 | R\$ 52,78 | R\$ 47,89 | -R\$ 2.369,16 |
| 120 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,87 | R\$ 52,52 | R\$ 47,65 | -R\$ 2.321,51 |

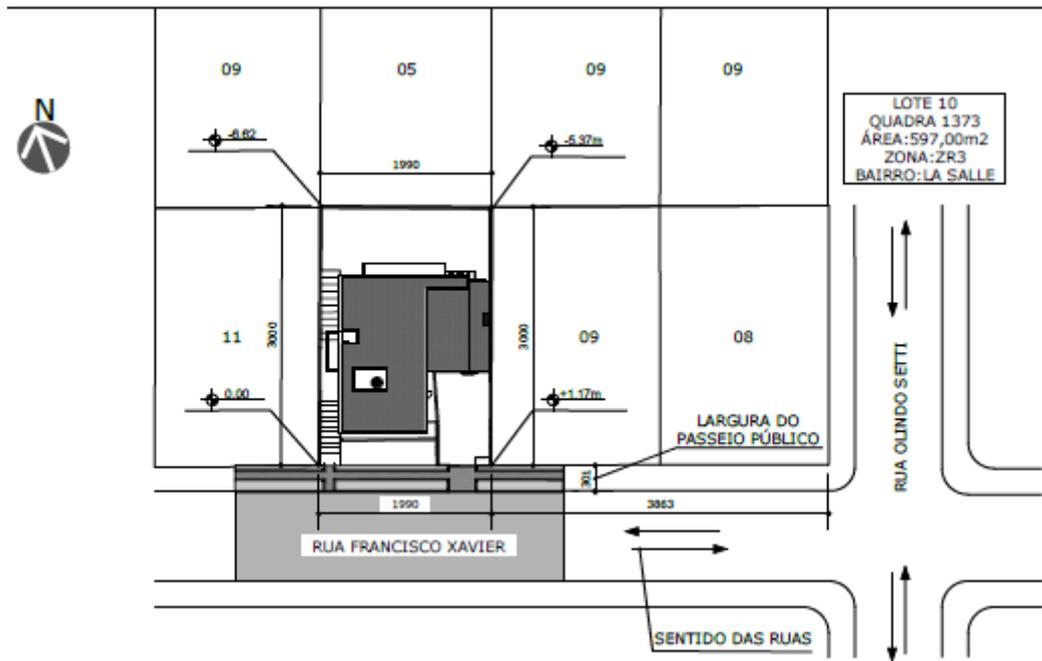
| Período | Mês | Custo (C) | Receita (R) | FC | C desc. | R desc. | FC desc. | FC descapitalizado acumulado |
|---------|-----------|-------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| 121 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 6,94 | R\$ 59,54 | R\$ 52,60 | -R\$ 2.268,91 |
| 122 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 5,90 | R\$ 59,24 | R\$ 53,34 | -R\$ 2.215,57 |
| 123 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 11,02 | R\$ 69,25 | R\$ 58,22 | -R\$ 2.157,34 |
| 124 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 10,97 | R\$ 68,90 | R\$ 57,93 | -R\$ 2.099,41 |
| 125 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 5,82 | R\$ 58,36 | R\$ 52,55 | -R\$ 2.046,86 |
| 126 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 4,10 | R\$ 58,07 | R\$ 53,97 | -R\$ 1.992,89 |
| 127 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 7,35 | R\$ 50,72 | R\$ 43,36 | -R\$ 1.949,52 |
| 128 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,68 | R\$ 50,46 | R\$ 45,79 | -R\$ 1.903,74 |
| 129 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,65 | R\$ 50,21 | R\$ 45,56 | -R\$ 1.858,18 |
| 130 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,63 | R\$ 49,96 | R\$ 45,33 | -R\$ 1.812,85 |
| 131 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,61 | R\$ 49,71 | R\$ 45,11 | -R\$ 1.767,74 |
| 132 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,58 | R\$ 49,47 | R\$ 44,88 | -R\$ 1.722,86 |
| 133 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 6,53 | R\$ 56,08 | R\$ 49,55 | -R\$ 1.673,31 |
| 134 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 5,56 | R\$ 55,80 | R\$ 50,24 | -R\$ 1.623,07 |
| 135 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 10,38 | R\$ 65,23 | R\$ 54,84 | -R\$ 1.568,23 |
| 136 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 10,33 | R\$ 64,90 | R\$ 54,57 | -R\$ 1.513,66 |
| 137 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 5,48 | R\$ 54,97 | R\$ 49,50 | -R\$ 1.464,16 |
| 138 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 3,86 | R\$ 54,70 | R\$ 50,84 | -R\$ 1.413,32 |
| 139 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 6,93 | R\$ 47,77 | R\$ 40,84 | -R\$ 1.372,48 |
| 140 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,40 | R\$ 47,53 | R\$ 43,13 | -R\$ 1.329,35 |
| 141 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,38 | R\$ 47,30 | R\$ 42,91 | -R\$ 1.286,44 |
| 142 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,36 | R\$ 47,06 | R\$ 42,70 | -R\$ 1.243,74 |
| 143 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,34 | R\$ 46,83 | R\$ 42,49 | -R\$ 1.201,26 |
| 144 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,32 | R\$ 46,59 | R\$ 42,27 | -R\$ 1.158,98 |
| 145 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 6,15 | R\$ 52,82 | R\$ 46,67 | -R\$ 1.112,31 |
| 146 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 5,24 | R\$ 52,56 | R\$ 47,32 | -R\$ 1.064,99 |
| 147 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 9,78 | R\$ 61,44 | R\$ 51,66 | -R\$ 1.013,34 |
| 148 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 9,73 | R\$ 61,13 | R\$ 51,40 | -R\$ 961,94 |
| 149 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 5,16 | R\$ 51,78 | R\$ 46,62 | -R\$ 915,32 |
| 150 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 3,64 | R\$ 51,52 | R\$ 47,89 | -R\$ 867,43 |
| 151 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 6,52 | R\$ 44,99 | R\$ 38,47 | -R\$ 828,96 |
| 152 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,15 | R\$ 44,77 | R\$ 40,62 | -R\$ 788,34 |
| 153 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,13 | R\$ 44,55 | R\$ 40,42 | -R\$ 747,92 |
| 154 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,11 | R\$ 44,33 | R\$ 40,22 | -R\$ 707,70 |
| 155 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,09 | R\$ 44,11 | R\$ 40,02 | -R\$ 667,68 |
| 156 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 4,07 | R\$ 43,89 | R\$ 39,82 | -R\$ 627,87 |
| 157 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 5,80 | R\$ 49,75 | R\$ 43,96 | -R\$ 583,91 |
| 158 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 4,93 | R\$ 49,51 | R\$ 44,57 | -R\$ 539,33 |
| 159 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 9,21 | R\$ 57,87 | R\$ 48,65 | -R\$ 490,68 |
| 160 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 9,17 | R\$ 57,58 | R\$ 48,41 | -R\$ 442,27 |

| Período | Mês | Custo (C) | Receita (R) | FC | C desc. | R desc. | FC desc. | FC descapitalizado acumulado |
|--------------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
| 161 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 4,86 | R\$ 48,77 | R\$ 43,91 | -R\$ 398,36 |
| 162 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 3,43 | R\$ 48,53 | R\$ 45,10 | -R\$ 353,25 |
| 163 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 6,15 | R\$ 42,38 | R\$ 36,23 | -R\$ 317,02 |
| 164 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,91 | R\$ 42,17 | R\$ 38,26 | -R\$ 278,76 |
| 165 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,89 | R\$ 41,96 | R\$ 38,07 | -R\$ 240,68 |
| 166 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,87 | R\$ 41,75 | R\$ 37,88 | -R\$ 202,80 |
| 167 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,85 | R\$ 41,54 | R\$ 37,69 | -R\$ 165,11 |
| 168 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,83 | R\$ 41,34 | R\$ 37,51 | -R\$ 127,60 |
| 169 | Abril | R\$ 12,69 | R\$ 108,87 | R\$ 96,19 | R\$ 5,46 | R\$ 46,86 | R\$ 41,40 | -R\$ 86,20 |
| 170 | Maio | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 4,65 | R\$ 46,63 | R\$ 41,98 | -R\$ 44,22 |
| 171 | Junho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 8,68 | R\$ 54,51 | R\$ 45,83 | R\$ 1,61 |
| 172 | Julho | R\$ 20,36 | R\$ 127,89 | R\$ 107,53 | R\$ 8,63 | R\$ 54,23 | R\$ 45,60 | R\$ 47,21 |
| 173 | Agosto | R\$ 10,85 | R\$ 108,87 | R\$ 98,02 | R\$ 4,58 | R\$ 45,94 | R\$ 41,36 | R\$ 88,57 |
| 174 | Setembro | R\$ 7,69 | R\$ 108,87 | R\$ 101,19 | R\$ 3,23 | R\$ 45,71 | R\$ 42,48 | R\$ 131,06 |
| 175 | Outubro | R\$ 13,86 | R\$ 95,55 | R\$ 81,70 | R\$ 5,79 | R\$ 39,92 | R\$ 34,13 | R\$ 165,19 |
| 176 | Novembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,68 | R\$ 39,72 | R\$ 36,04 | R\$ 201,23 |
| 177 | Dezembro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,66 | R\$ 39,52 | R\$ 35,86 | R\$ 237,08 |
| 178 | Janeiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,64 | R\$ 39,33 | R\$ 35,68 | R\$ 272,77 |
| 179 | Fevereiro | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,63 | R\$ 39,13 | R\$ 35,50 | R\$ 308,27 |
| 180 | Março | R\$ 8,86 | R\$ 95,55 | R\$ 86,70 | R\$ 3,61 | R\$ 38,93 | R\$ 35,33 | R\$ 343,60 |
| TOTAL | | | | | R\$ 12.161,72 | R\$ 12.505,32 | R\$ 343,60 | |

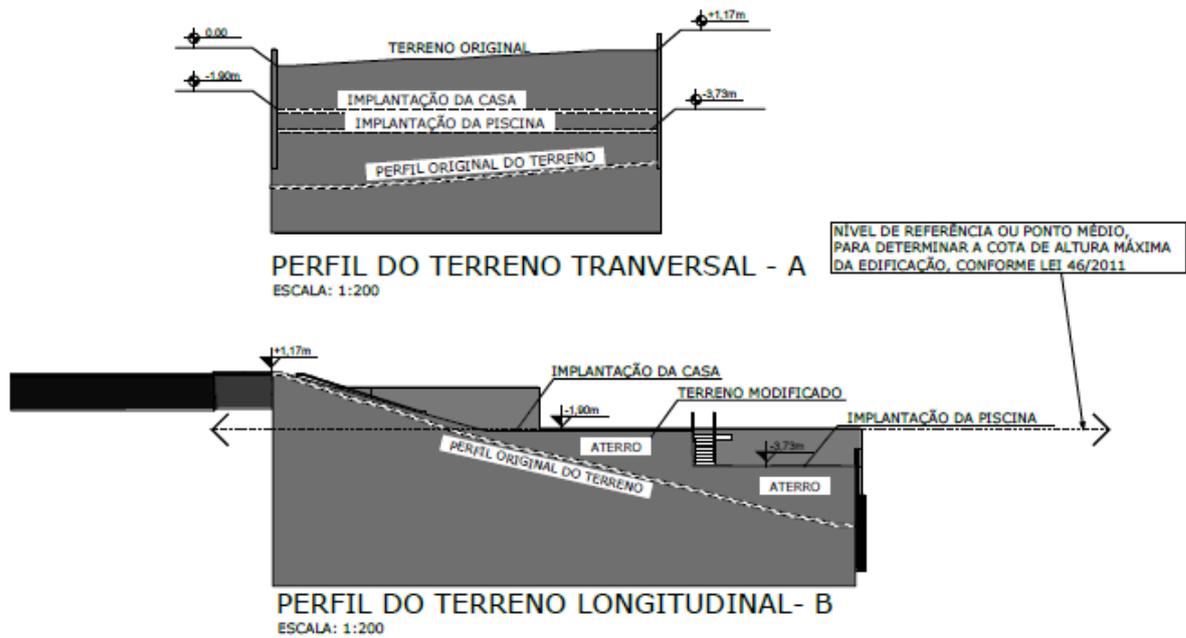
ANEXOS

ANEXO A – Projetos da residência em estudo

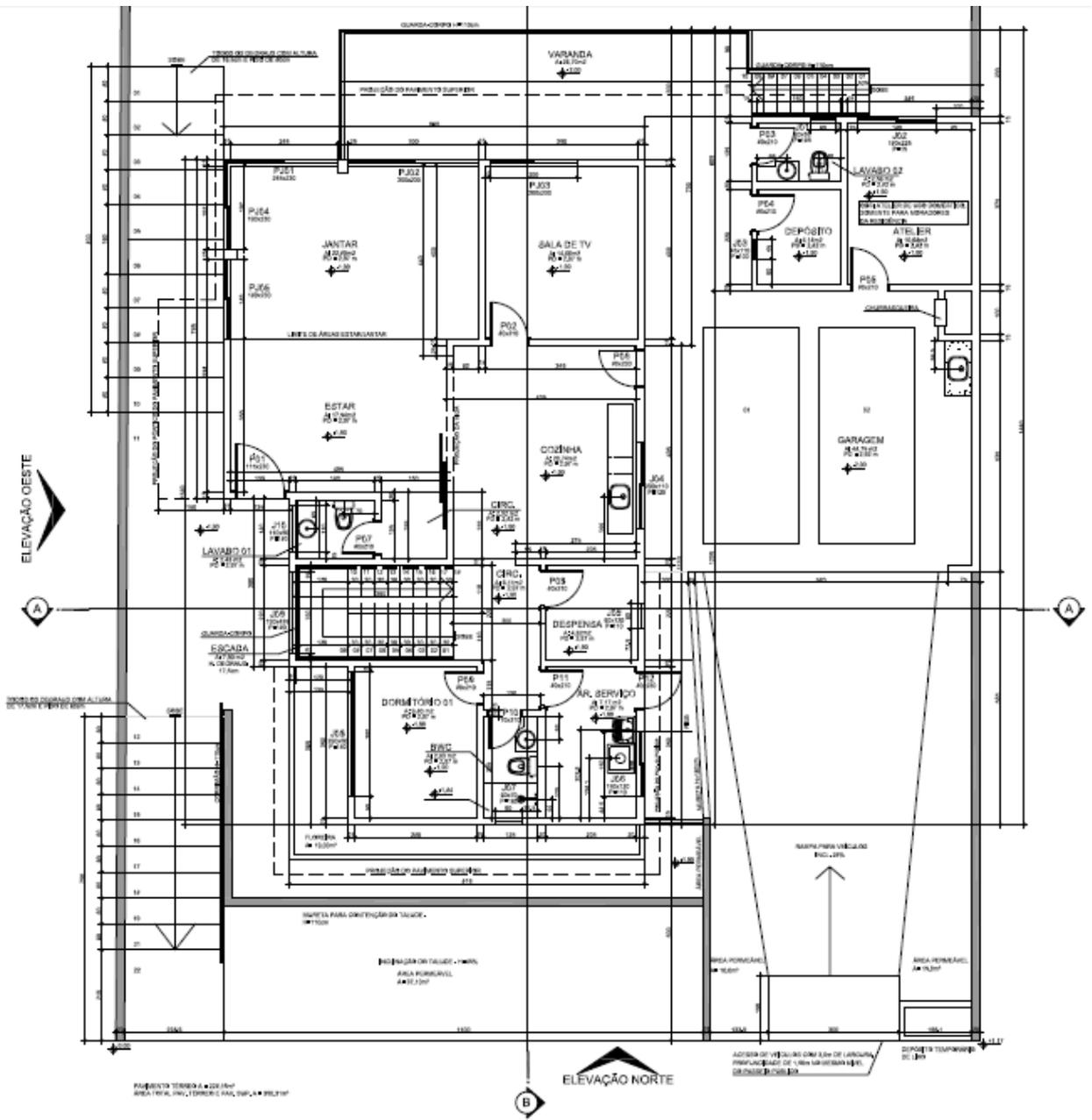
Autor: Adriano Scarabelot



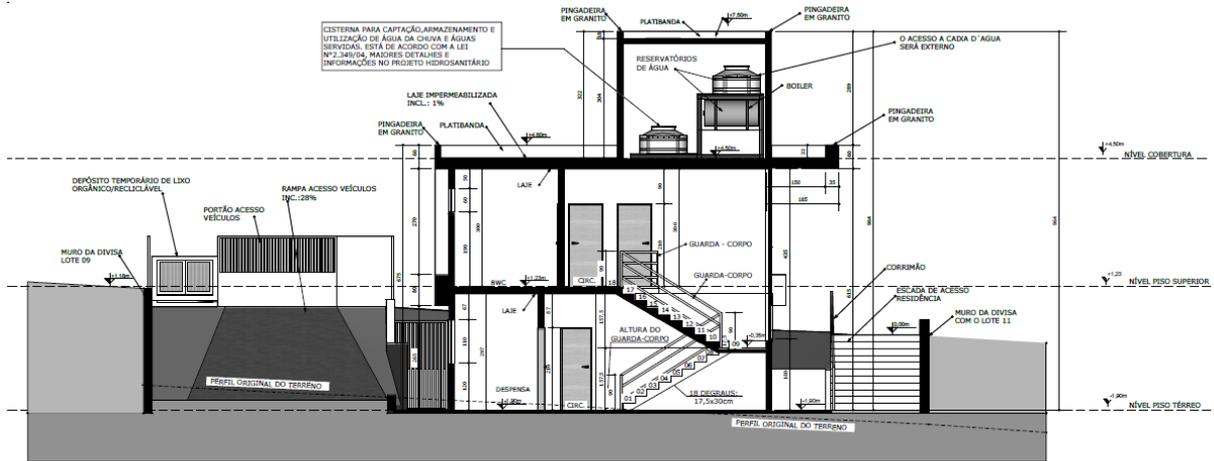
Planta de situação (sem escala)



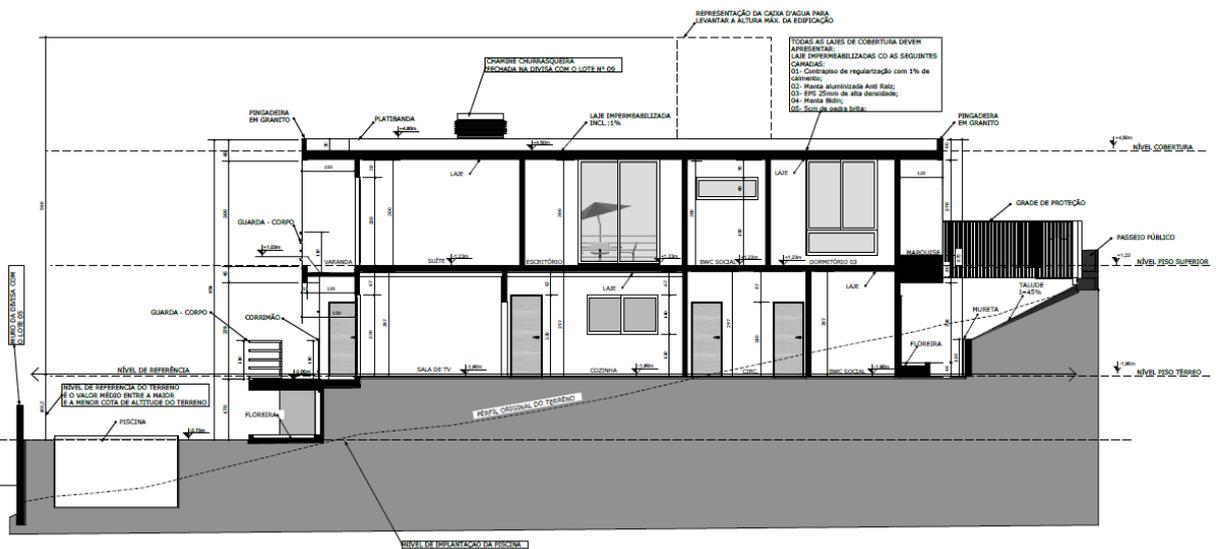
Perfis do terreno (sem escala)



Planta baixa – pavimento térreo (sem escala)



Corte AA (sem escala)



Corte BB (sem escala)



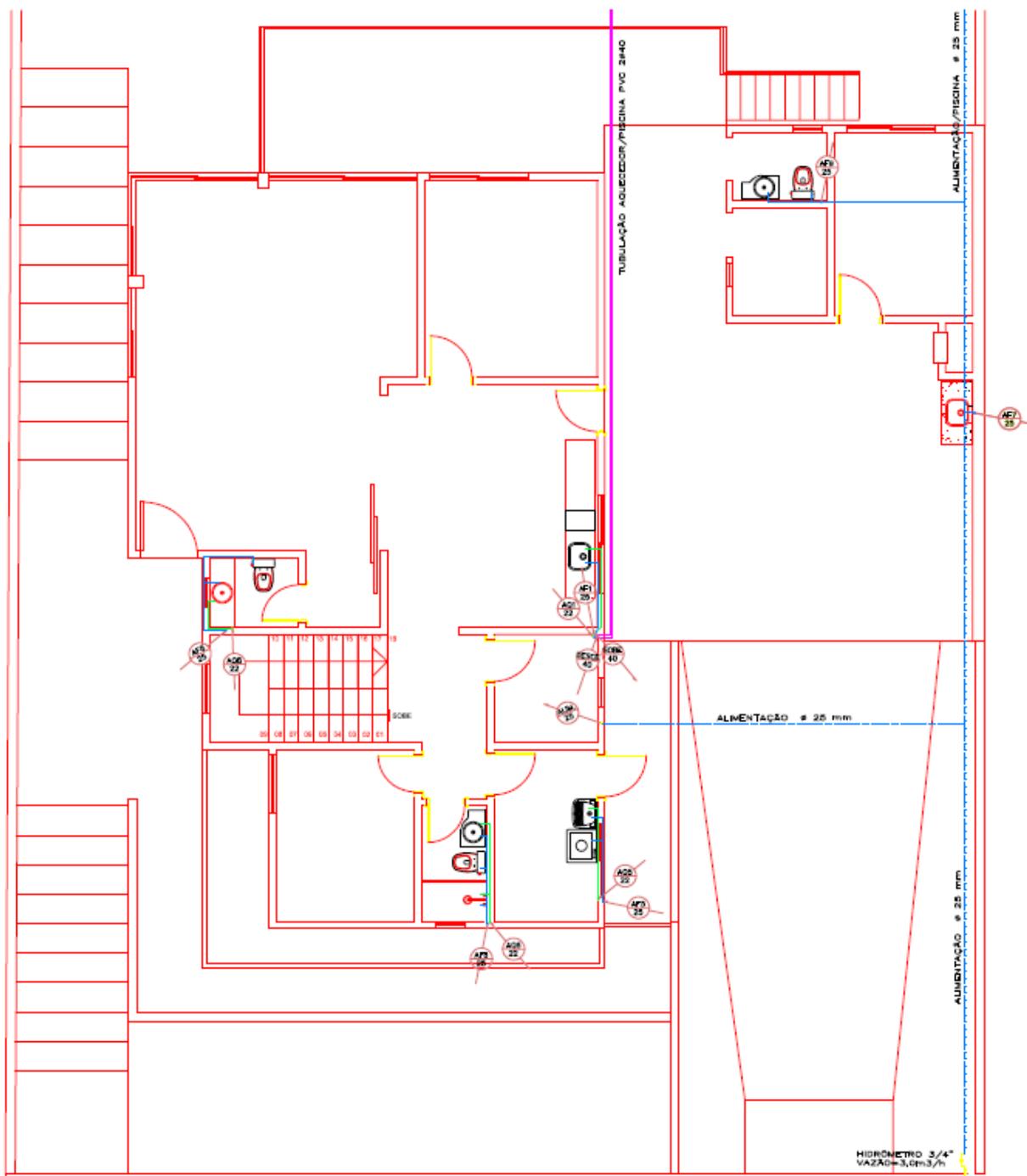
Volumétrico – fundos (sem escala)



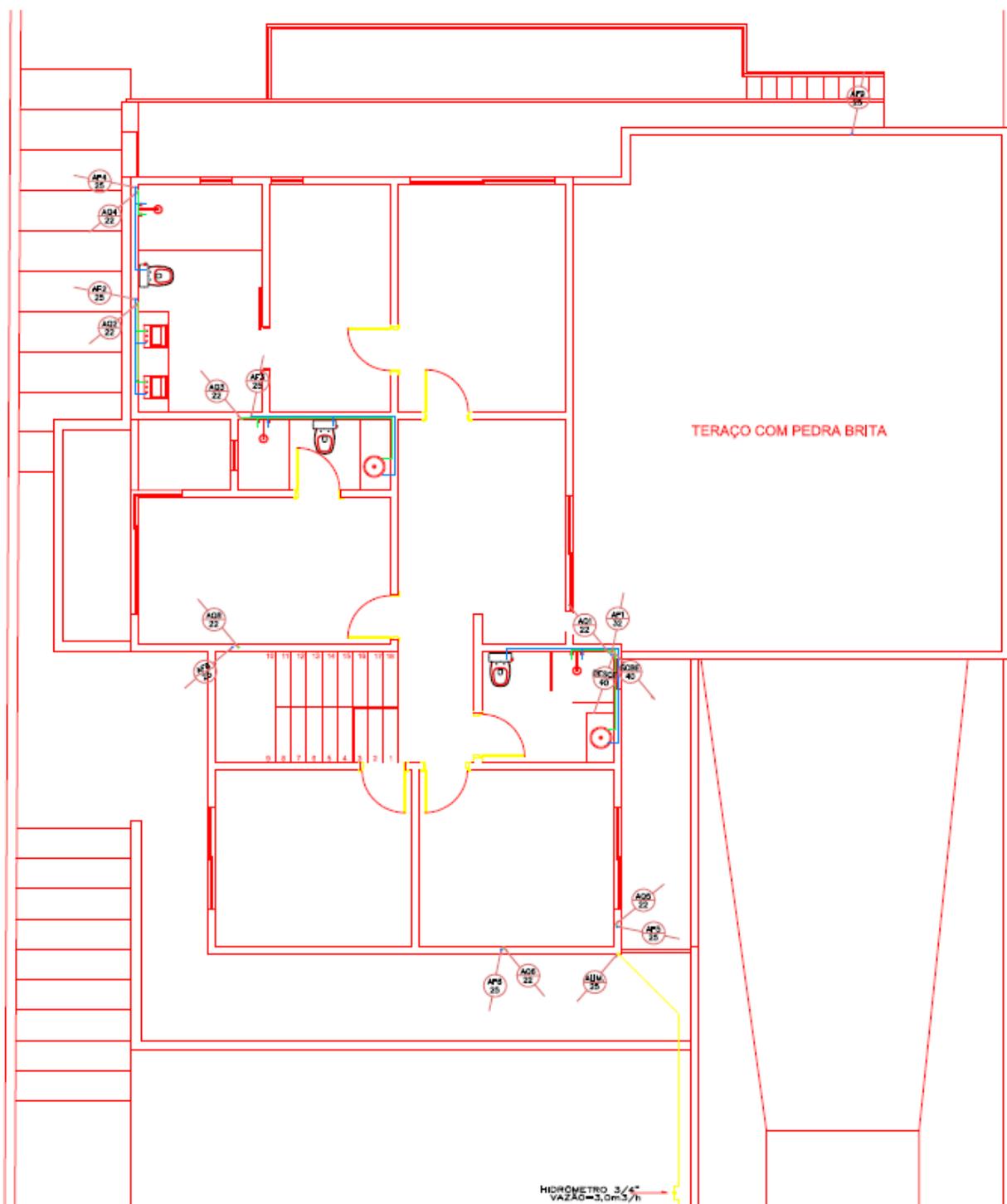
Volumétrico – frontal (sem escala)

ANEXO B – Projeto original de instalações hidrossanitárias de água fria e água quente.

Autor: Jairo Trombetta



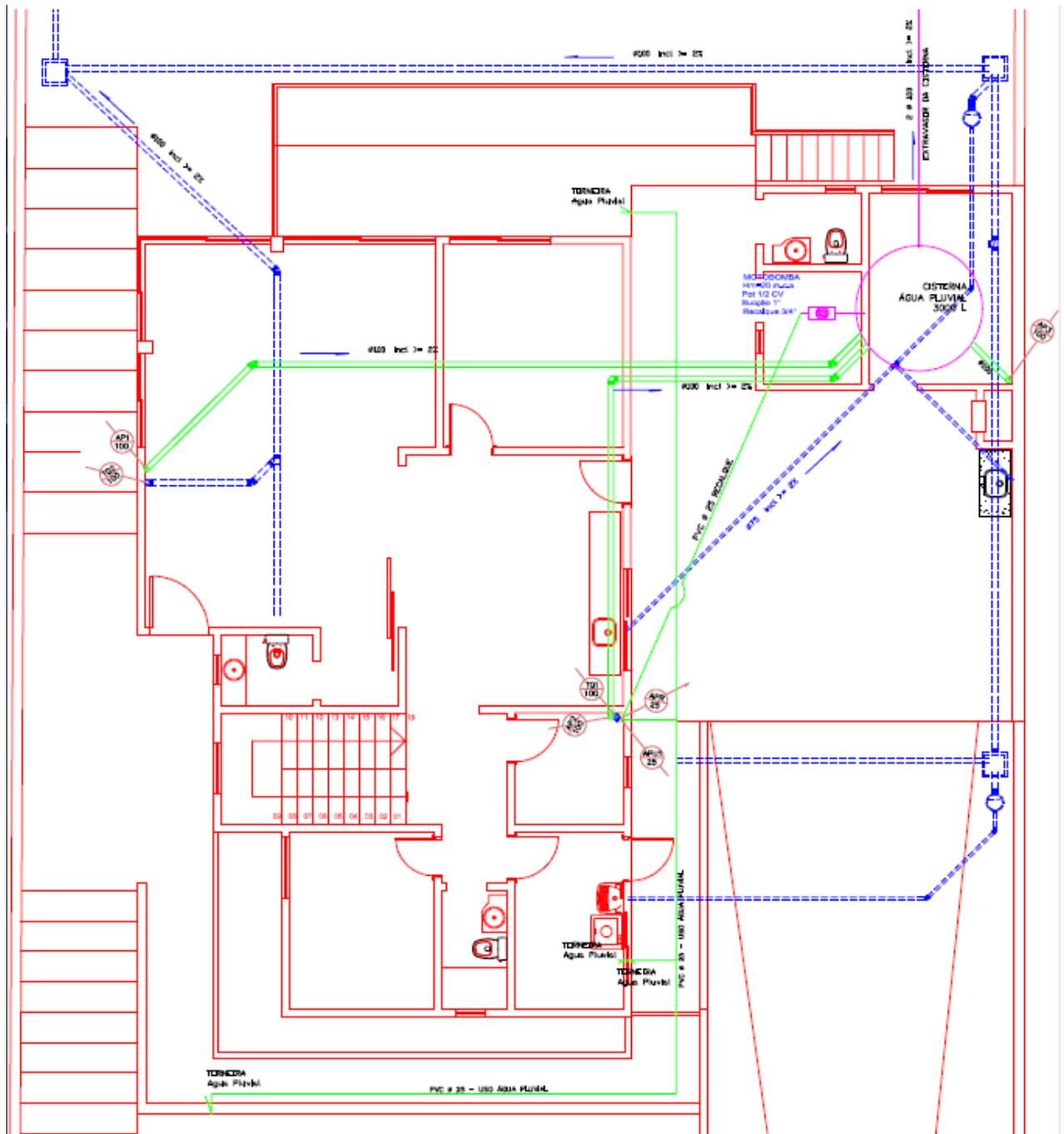
Instalações hidrossanitárias de água fria e água quente – Térreo (sem escala)



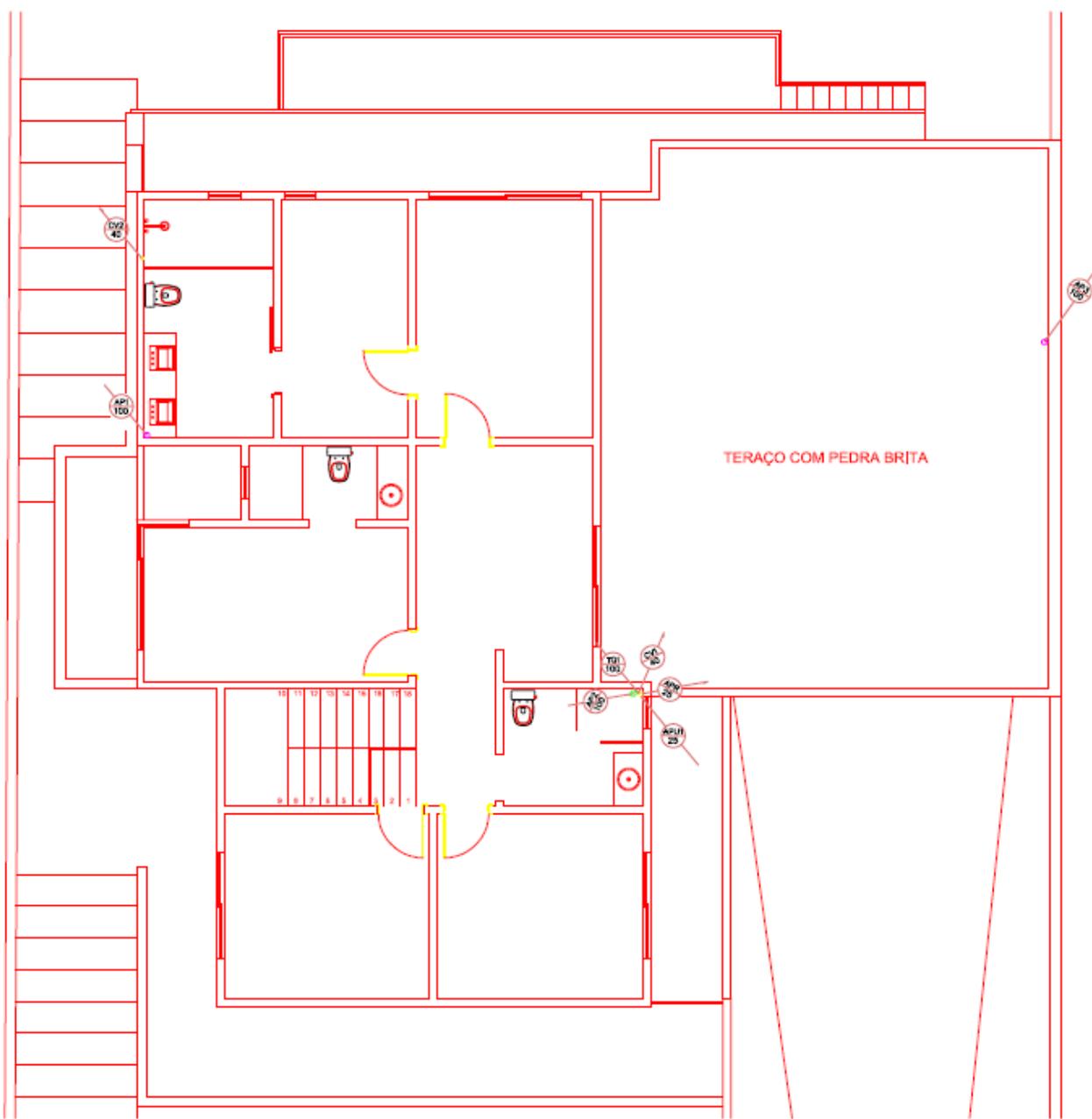
Instalações hidrossanitárias de água fria e água quente – Pavto superior (sem escala)

ANEXO C – Projeto original de instalações hidrossanitárias de esgoto, e de captação e aproveitamento de águas pluviais.

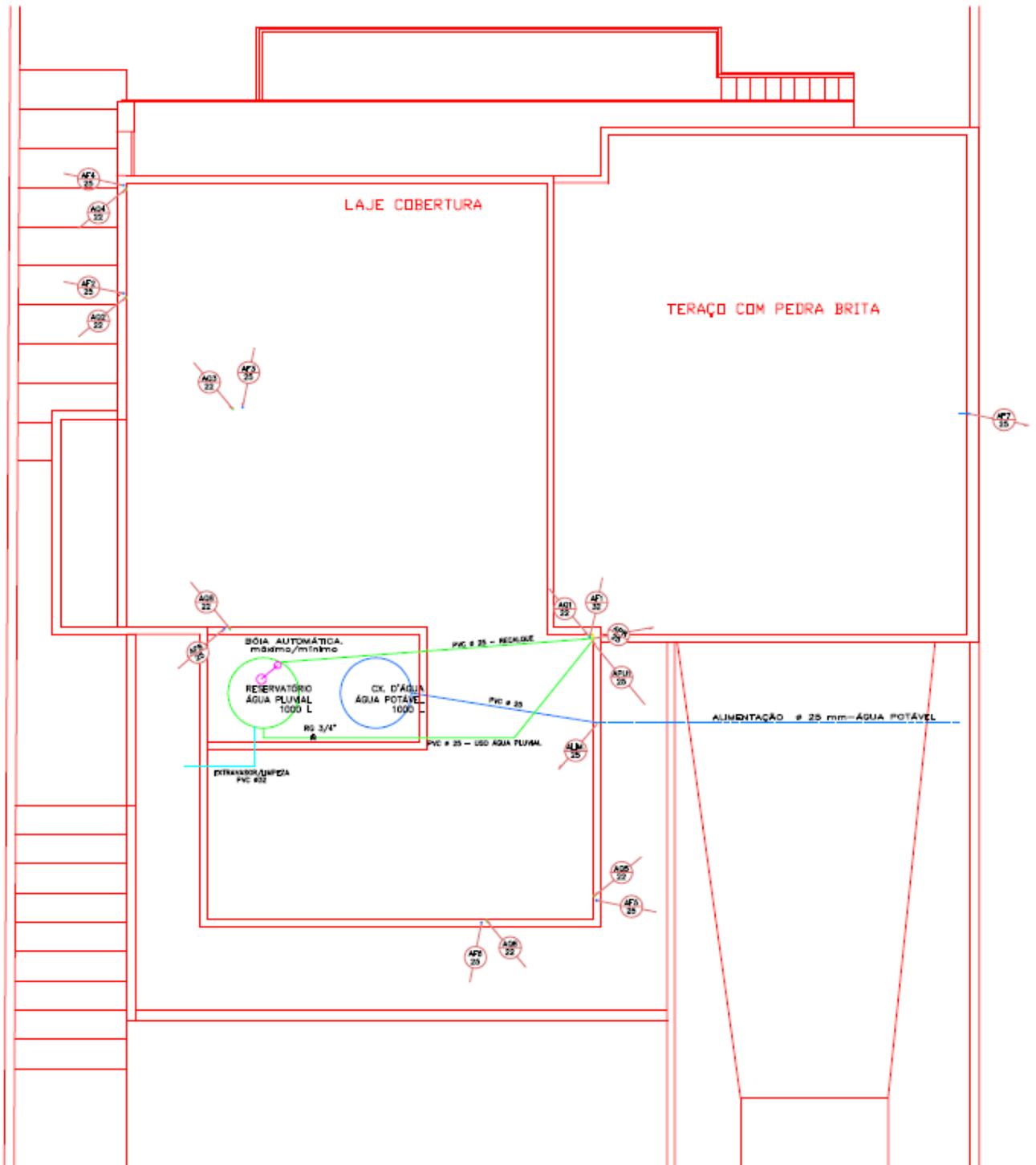
Autor: Jairo Trombetta.



Pavimento térreo (sem escala)



Pavimento superior (sem escala)



Barrilete (sem escala)