

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS PROJETUAIS E CONSTRUTIVAS DE
BAIXO IMPACTO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO
UNIFAMILIAR**

Letícia Hatamoto Valvassori

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos
requisitos para a conclusão da
graduação em Engenharia Civil

Orientadora: Prof.^a Sandra Regina Mota
Silva

São Carlos
2021

RESUMO

O setor da construção civil tem causado uma expressiva degradação ambiental, seja pelo consumo de recursos naturais, seja pela produção de significativo volume de resíduos e poluição. No contexto mundial, minimizar tais impactos faz parte dos esforços necessários para permitir que as gerações futuras consigam suprir suas demandas. Tendo em vista que o impacto ambiental de uma edificação se estende por todo o seu ciclo de vida, as soluções adotadas nas fases de concepção e projeto apresentam elevado potencial para sua redução ou ampliação. Sob essa perspectiva, o estudo foi estruturado em duas partes. A primeira delas foi composta de uma revisão bibliográfica para levantamento e compilação de procedimentos, medidas e soluções projetuais e construtivas de baixo impacto ambiental, e mais aplicáveis às edificações unifamiliares. Essa investigação se pautou pelos tópicos relacionados à água, ao conforto ambiental na edificação e à energia, e inclui, também, as certificações, abordando, mais especificamente, o Selo Casa Azul e a qualificação Qualiverde. Na segunda parte, a partir dos subsídios obtidos, foi realizado o estudo de caso de uma residência localizada em São Carlos, que se caracteriza por, desde o princípio, ter buscado a implementação de soluções alinhadas a uma perspectiva mais sustentável. Desse modo, juntamente com a sistematização e difusão dessas práticas projetuais e construtivas, foi possível analisar em que medida o estudo de caso absorveu e incorporou as soluções de menor impacto, discutindo aspectos pertinentes. As características desse lote, como a área de 5.000m², possibilitaram a adoção de um conjunto de soluções que dificilmente poderiam ser utilizadas em regiões urbanas mais adensadas. Por outro lado, dentro das variáveis analisadas, algumas das medidas empregues poderiam ser aprimoradas. Nessa discussão, pontua-se que a sustentabilidade não tem um limite atingível. Ao final, destaca-se a importância de se considerar, desde o início do processo projetual, um conjunto de soluções voltadas à sustentabilidade e adequadas para cada contexto, de modo que se complementem entre si e promovam, de forma eficiente, a redução ou, se possível, eliminação de diferentes tipos de impactos ambientais.

Palavras-chave: soluções construtivas sustentáveis; certificação ambiental; impactos ambientais da construção civil.

ABSTRACT

The civil construction sector has been responsible for significant environmental degradation, either by the consumption of natural resources, or by the production of a critical volume of waste and pollution. In the global context, minimize these impacts is part of the efforts to allow future generations to meet their demands. Knowing that the environmental impacts of a building extend throughout its life cycle, the solutions adopted in the conception and design phases have high potential to reduce or increase it. From this perspective, this paper was structured in two parts. The first one was a bibliographic review to survey and compile procedures, measures, and solutions with low environmental impact for single-family homes. This investigation was guided by topics related to water, human environmental comfort, and energy, and also includes the environmental certifications, approaching, more specifically, the seal *Selo Casa Azul* and the label *Qualiverde*. In the second part, based on the subsidies obtained, a case study of a residence located in São Carlos, which sought to implement solutions aligned to a more sustainable perspective, was carried out. Thus, along with the systematization of these design and constructive solutions, it was possible to analyze how the case study absorbed and incorporated the solutions with low environmental impact, discussing relevant aspects. The characteristics of this plot, such as its area of 5,000m², enabled the adoption of a set of solutions that could hardly be used in dense urban areas. On the other hand, within the analyzed variables, some of the solutions used could be improved. In this discussion, it is emphasized that sustainability doesn't have an achievable limit. In the end, the importance of considering a set of solutions aimed at sustainability and adequate for each context, from the initial design stage, is highlighted, so that it can complement each other and efficiently promote the reduction or, if possible, elimination of different types of impacts.

Key-words: sustainable building solutions; environmental certification; environmental impacts of civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da Metodologia.....	11
Figura 2: Dispositivo de descarte do volume inicial de chuva.....	17
Figura 3: Sistemas de aquecimento passivos	25
Figura 4: Delimitação Parque Itaipu	36
Figura 5: Macrozoneamento de São Carlos (SP) – localização Parque Itaipu	37
Figura 6: Planta de implantação geral da edificação no lote	40
Figura 7: Planta do pavimento térreo	41
Figura 8: Planta de cobertura da edificação.....	41
Figura 9: Detalhe em planta - drenagem de águas cinzas	46
Figura 10: Aproveitamento de água pluvial (projeto).....	48
Figura 11: Canaleta coletora modelo 1	51
Figura 12: Canaleta coletora modelo 2	52
Figura 13: Planta do pavimento térreo – orientação.....	54
Figura 14: Fachada ilustrando shed.....	55
Figura 15: Blocos de vidro da cozinha	56
Figura 16: Beirais das varadas e shed.....	57
Figura 17: Soluções para sombreamento – em corte.....	58
Figura 18: Soluções para sombreamento – em planta.....	58
Figura 19: Pergolado do terraço – detalhe em planta.....	59
Figura 20: Paredes de vedação – pavimento térreo.....	60
Figura 21: Paredes acima da viga, em tijolo baiano – vista em corte	61
Figura 22: Vedação em taipa (hachura verde) – corte	61
Figura 23: Parâmetros para paredes pesadas	62
Figura 24: Estrelas de ladrilho no piso de cimento queimado	65
Figura 25: Telhado verde – vista em planta	68
Figura 26: Telhado verde – detalhe em corte.....	69
Figura 27: Placas coletoras e boiler – vista em planta	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Documentos de projeto	39
Quadro 2: Variáveis de análise do estudo de caso	43
Quadro 3: Síntese – Estudo de caso	82

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Justificativa	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo geral	9
1.2.2 Objetivos específicos	9
1.3 Metodologia	9
1.4 Estrutura do texto	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Contexto das soluções construtivas sustentáveis	13
2.2 Água	15
2.3 Conforto ambiental na edificação	20
2.4 Energia	26
2.5 Certificações	31
2.5.1 Selo Casa Azul	32
2.5.2 Qualificação Qualiverde	33
3. ESTUDO DE CASO: CARACTERIZAÇÃO	36
3.1 Apresentação	36
3.2 Documentação	38
3.3 A edificação – Posicionamento no lote	40
4. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE E DISCUSSÃO	43
4.1 Variáveis de análise	43
4.2 Água	44
4.2.1 Aparelhos e dispositivos economizadores	44
4.2.2 Sistema de reuso de águas cinzas	45
4.2.3 Aproveitamento das águas pluviais	47
4.2.4 Sistema de tratamento de esgoto	49
4.2.5 Soluções para retenção das águas pluviais no lote	51
4.3 Conforto ambiental na edificação	53
4.3.1 Posicionamento e orientação da edificação no lote, iluminação e ventilação natural ..	53
4.3.2 Sombreamento	57
4.3.3 Vedações – conforto térmico	60
4.3.4 Resfriamento evaporativo	63
4.3.5 Uso de materiais alternativos e de reaproveitamento	64
4.3.6 Uso de madeira certificada	66
4.3.7 Vegetação e paisagismo	67
4.3.8 Telhado verde	68
4.4 Energia	70
4.4.1 Fontes alternativas de energia	70
4.4.2 Sistema de aquecimento solar de água	71
4.4.3 Equipamentos eficientes	73
5. ENTREVISTAS	74
5.1 Projetistas – Ipê-Amarelo	74

5.2	Proprietários	77
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	ANEXOS	93
	ANEXO A – Quadro Resumo Selo Casa Azul	93
	ANEXO B – Critérios Qualificação Qualiverde	95
	ANEXO C – Questionário aos projetistas	98
	ANEXO D – Questionário aos proprietários da edificação	102

1. INTRODUÇÃO

Os princípios que regem a noção de sustentabilidade surgiram, ainda no século XX, como parte de um processo globalizado que intensificou a apropriação dos bens e recursos naturais, buscando identificar, avaliar e limitar os impactos dos modelos de produção e consumo vigentes. Na década de 1960, a degradação ambiental desencadeada por esses modelos e suas práticas ganhou visibilidade e notoriedade. Nesse contexto emergiram pesquisas, debates e discussões colocando em pauta a importância da valorização e incorporação de aspectos socioambientais nos cálculos decisórios de âmbito econômico, usualmente prevalecente. O conceito de desenvolvimento sustentável surge, então, com o intuito de questionar e produzir novas referências de orientação às atividades humanas (ÁLVARES, 2009).

A definição mais difundida de desenvolvimento sustentável foi produzida pela *World Commission on Environment and Development* (WCED) no relatório *Our Common Future*, também conhecido como *Brundtland Report*, como aquele no qual as necessidades atuais devem ser supridas sem impedir que o mesmo ocorra para as gerações futuras – ou seja, permitindo que essas também tenham capacidade de atender suas próprias demandas. No documento, é observado, ainda, que o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação permanente, em que as atividades voltadas à produção, reprodução e manutenção da vida devem compatibilizar necessidades atuais e futuras, descartando a possibilidade de um estado fixo de harmonia (WCED, 1987).

Da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) que ocorreu em 1992 no Rio de Janeiro, denominada Eco-92, resultou, dentre outros documentos, a Agenda 21 Global, que descreve, em 40 capítulos, um plano de ação para atingir o desenvolvimento sustentável, inclusive na indústria da construção (CNUMAD, 1996; BRASIL, c2020). No que concerne propriamente à construção sustentável, na *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*, essa é descrita como um processo holístico, que busca a harmonia e o equilíbrio entre o ambiente natural e o ambiente construído, respeitando e promovendo também os aspectos sociais e econômicos. A publicação salienta ainda que, diante dessa perspectiva holística, além do projeto alinhado aos preceitos da sustentabilidade, é preciso que a operação e manutenção da construção

respeite os princípios ecológicos, destacando também que não basta que os materiais e componentes sejam produzidos de maneira sustentável, se o uso desses não for adequado, por exemplo, às condições climáticas do local da edificação (CIB; UNEP-IETC, 2002).

Tendo como base de fundamentação a importância das implicações ambientais decorrentes das práticas da construção civil, o presente trabalho traz uma abordagem voltada para o estudo de técnicas projetuais e construtivas de menor impacto, com especial atenção àquelas aplicáveis em edificações unifamiliares, em tópicos relacionados à água, ao conforto ambiental na edificação e à energia. Faz parte dessa investigação, também, o estudo de caso de uma residência situada em São Carlos-SP que, tendo como premissa a adoção de soluções nessa linha de conduta, procurou reduzir impactos no âmbito de seu contexto e especificidades. Apesar dessa edificação estar na macrozona urbana, como indicado no Plano Diretor do município (SÃO CARLOS, 2016a), trata-se de um lote inserido dentro de um condomínio de chácaras de recreio, com área de 5.000m², sendo, portanto, mais extenso do que os terrenos usualmente encontrados no meio urbano.

No encerramento dessa parte introdutória, cabe destacar que, embora o enfoque principal seja na dimensão ambiental, observa-se a ocorrência de implicações e repercussões nas demais esferas, notadamente naquelas relacionadas aos aspectos econômicos e sociais, uma vez que são dimensões interdependentes e, muitas vezes, indissociáveis. Portanto, o recorte em uma dimensão específica da sustentabilidade, se deve à necessidade de se delimitar a pesquisa ao contexto acadêmico de um Trabalho de Conclusão de Curso que tem condições específicas de prazos e conteúdos.

1.1 JUSTIFICATIVA

As ações humanas pautadas nos modos de vida e consumo contemporâneos, têm sido agentes responsáveis por grandes impactos no meio ambiente, muitos deles irreversíveis. Frente a esse contexto, atualmente há uma grande preocupação em preservar os recursos naturais e a biodiversidade a fim de possibilitar que o atendimento às necessidades humanas possa ocorrer de forma consciente e mais responsável, evitando a escassez ou o esgotamento de recursos que são finitos. A construção civil provoca um impacto ambiental expressivo, uma vez que, além de consumir uma significativa quantidade de recursos naturais, causa também a emissão de poluentes e geração de um grande volume de resíduos. Desse modo, conforme apresentado por John, Silva e Agopyan (2001), não há como desvencilhar o desenvolvimento sustentável da construção sustentável – a promoção de medidas e soluções construtivas que considerem o aspecto ambiental é, portanto, essencial para reduzir a pressão sobre o meio ambiente.

Engenheiros e arquitetos têm grande responsabilidade no que concerne as decisões projetuais, que irão influenciar determinada edificação durante todo o seu ciclo de vida, desde sua concepção inicial, passando pela fase projetual, de construção, de uso e manutenção e, por fim, sua desconstrução. Sendo assim, essas escolhas apresentam potencial de minimizar ou maximizar os impactos ambientais decorrentes, dependendo do que for considerado em relação aos materiais, elementos, componentes e sistemas envolvidos nas soluções construtivas aplicadas nas edificações. Desse modo, é primordial que todos os agentes envolvidos no segmento da construção civil tenham ciência dos impactos que suas escolhas acarretam, buscando alternativas construtivas que favoreçam uma perspectiva mais sustentável.

Nesse contexto se enquadra esse trabalho que, por meio das compilações, análises e discussões, pretende contribuir na sistematização e difusão de práticas projetuais e construtivas de maior sustentabilidade ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a aplicabilidade de soluções projetuais e construtivas de baixo impacto ambiental em termos de água, conforto ambiental na edificação e energia em edificações unifamiliares, a partir do contraponto entre um referencial teórico e um estudo de caso.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar soluções projetuais e construtivas de menor impacto em termos de água, conforto ambiental na edificação e energia por meio de revisão bibliográfica;
- Analisar e discutir as medidas e soluções de baixo impacto ambiental incorporadas no estudo de caso.

1.3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho tem caráter exploratório que, na concepção de Severino (2007), caracteriza-se por levantar informações sobre um determinado objeto. Conforme Gil (2002), esse tipo de pesquisa objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema e, usualmente, assume forma de pesquisa bibliográfica e/ou estudo de caso, sendo que nesse trabalho prevalece o "e", pois ambos são contemplados.

Assim, fazem parte dos procedimentos metodológicos dessa pesquisa, a revisão bibliográfica baseada nos temas afetos aos objetivos expostos e o estudo de caso de uma edificação unifamiliar localizada em São Carlos-SP, cuja construção foi concluída no final de 2019. Cabe destacar a peculiaridade dessa edificação ter sido concebida segundo princípios baseados na implementação de soluções e medidas construtivas de menor impacto ambiental. No que concerne a pesquisa bibliográfica, essa compreendeu o levantamento de soluções projetuais e construtivas fundadas na perspectiva da sustentabilidade ambiental e o estudo das certificações Selo Casa Azul e Qualiverde, conforme descrito no capítulo referente a esse tópico, proporcionando embasamento teórico e os subsídios necessários à análise do estudo de caso – ressaltando que essa análise não será feita pelos métodos dessas certificações, mas sim pelas variáveis definidas no trabalho. Sendo assim, os elementos obtidos na Revisão Bibliográfica, em conjunto com as análises dessas duas certificações, configuraram o suporte necessário à constituição das variáveis que orientaram as análises do estudo de caso.

A técnica para coleta dos dados envolveu observação virtual do objeto empírico, acesso e consulta aos documentos de projeto da edificação, e entrevistas com os agentes envolvidos. Tendo em conta a peculiaridade do período no qual este trabalho foi desenvolvido, em razão da pandemia do Coronavírus, a visita técnica presencial à edificação estudada foi impossibilitada pelas restrições de isolamento físico. Portanto, foi necessária a utilização de outros recursos para o reconhecimento da edificação estudada. A princípio, como primeiro estágio de aproximação ao objeto, foi realizada uma visita virtual geral à edificação utilizando a ferramenta *Skype*. Foi estabelecida uma delimitação prévia dos aspectos a serem observados, contemplando os recursos e as estratégias utilizadas para que a edificação reduzisse seu impacto.

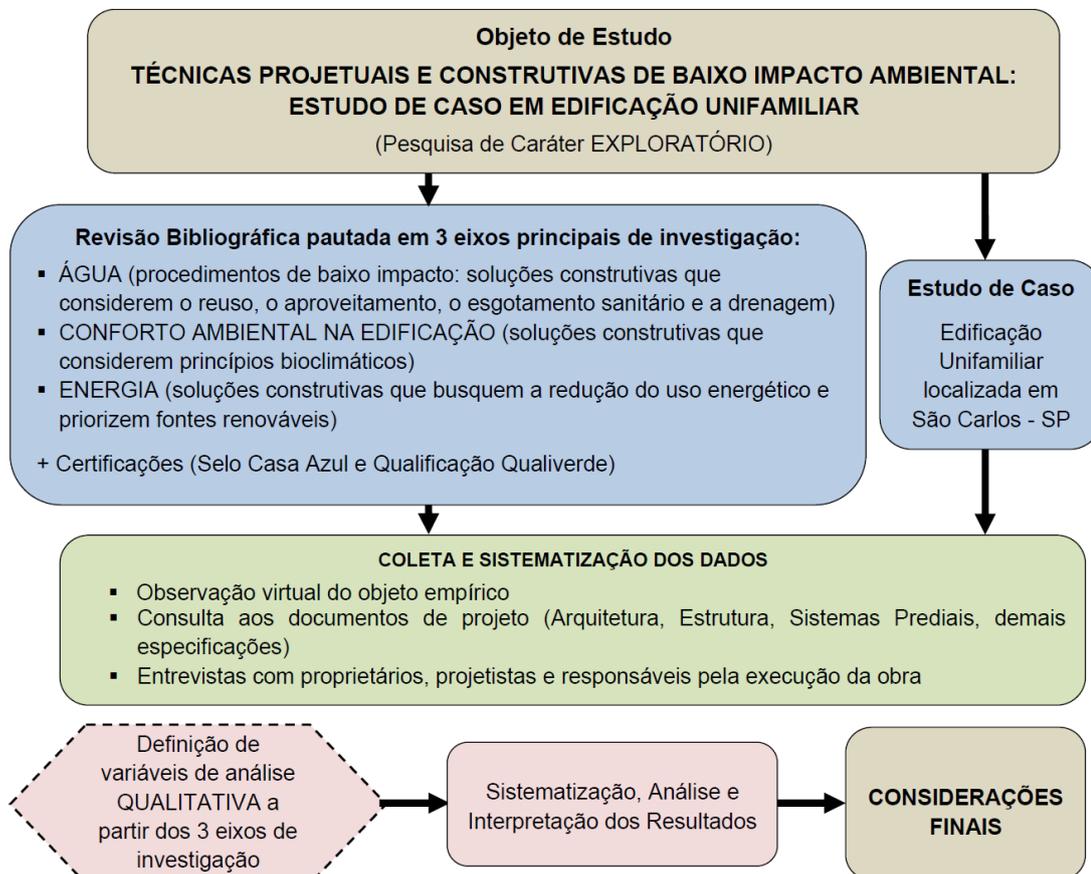
As entrevistas foram realizadas por meio de questionários tanto para os proprietários, quanto para os projetistas e profissionais responsáveis pela execução da obra da edificação em questão. Considerando que esses agentes tinham, em princípio, uma perspectiva mais voltada à sustentabilidade para a edificação, essas entrevistas adicionaram ao trabalho o entendimento sobre seus pontos de vista quanto à incorporação das soluções visando a redução dos impactos ambientais na edificação. Como foram entrevistas realizadas via questionários, foram concebidos e enviados no formato Word.

A elaboração dos questionários se deu a partir dos pontos observados na chamada de vídeo e também nos documentos de projeto e desenvolvimento da análise desses, com questões pertinentes para compreensão das escolhas feitas e eventuais aspectos levantados na primeira análise, além de, para os proprietários, questões referentes a fase de pós-ocupação da edificação. Tendo em vista a especificidade do perfil profissional e da

formação dos entrevistados, projetistas e proprietários, foi aberto um espaço para que possam tecer comentários e observações adicionais ao processo que experimentaram. Ao final, totalizaram dez perguntas em cada um dos questionários, que estão dispostos, juntamente com as respostas, nos anexos C e D deste trabalho.

Para o estudo de caso, buscou-se, no trabalho, analisar qualitativamente as formas de incorporação das soluções na edificação. Dessa forma, as variáveis de análise foram definidas a partir de duas vertentes investigativas, sendo a primeira delas, decorrente dos subsídios extraídos no processo de revisão bibliográfica, incluindo a análise das duas certificações, e a segunda, decorrente dos temas previamente selecionados e que abrangem as soluções projetuais e construtivas para edificações unifamiliares em termos de água, conforto ambiental na edificação e energia (os três eixos da revisão bibliográfica). Por ser uma análise qualitativa, o intuito não foi o estabelecimento de pontuações – trata-se de uma análise que investigou em que medida o estudo de caso absorveu e incorporou soluções de menor impacto ambiental, em contraponto às soluções identificadas na pesquisa bibliográfica, apontando eventuais empecilhos e dificuldades para a incorporação de estratégias projetuais e soluções construtivas mais sustentáveis. A Figura 1 ilustra a esquematização da metodologia.

Figura 1: Fluxograma da Metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

O trabalho estrutura-se em seis capítulos. O primeiro deles abrange a Introdução, na qual foi feita uma breve contextualização acerca do conceito de construção sustentável e sua importância, e a apresentação do problema de pesquisa do trabalho. Nesse capítulo também estão dispostos a Justificativa, os Objetivos, a Metodologia, e a Estrutura do texto.

O segundo capítulo contempla a Revisão Bibliográfica, estruturada em termos das medidas e soluções construtivas de menor impacto ambiental, contemplando os tópicos relacionados à Água, ao Conforto ambiental na edificação e à Energia. Na sequência, foram abordadas as Certificações, destinadas a estabelecer requisitos a serem cumpridos e balizar os seus níveis de atendimento, destacando o surgimento desses mecanismos de avaliação, sua função e importância, e discorrendo, mais especificamente, sobre o Selo Casa Azul e a qualificação Qualiverde.

O estudo de caso é apresentado no terceiro capítulo, abordando suas características principais. Neste capítulo é feita também uma apresentação sobre os documentos de projeto.

No quarto capítulo, a partir da definição das variáveis de análise, tem-se a discussão de resultados quanto à incorporação das medidas e soluções de menor impacto ambiental no estudo de caso. Os tópicos se estruturam de acordo com as categorias das variáveis de análise (Água, Conforto Ambiental na Edificação, e Energia).

O capítulo cinco contém os insumos decorrentes das entrevistas através dos questionários com os proprietários e os profissionais envolvidos no projeto e execução da edificação, encerrando a análise com um quadro síntese das soluções empregues.

Por fim, no sexto capítulo, são feitas as considerações finais, comentando de forma crítica quanto aos resultados obtidos a partir da compilação teórica e da análise qualitativa empregada no estudo de caso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTEXTO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS

Faz parte dos processos contidos nas atividades da construção civil a transformação do ambiente natural em ambiente construído, sendo responsável por obras das mais variadas dimensões para suprir as demandas da humanidade (JOHN, 2000). Por outro lado, gera um conjunto de benefícios pela ampla movimentação socioeconômica que promove de forma direta, ou indireta, tais como a geração de empregos e a dinamização comercial resultante da sua demanda por mão de obra, prestação de serviços e fornecimento de materiais, fomentando o setor industrial voltado à construção civil (LARUCCIA, 2014).

Em contrapartida, as atividades envolvidas na construção, operação e demolição de edifícios, são produtoras e indutoras de grande impacto ambiental (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003). Considerando que a construção civil está presente em todos os locais habitados pelo homem, tal impacto é tido por John (2000) como proporcional à tarefa social do setor.

O *construbusiness* – termo que corresponde ao macrocomplexo da construção civil, causa uma degradação ambiental significativa, consumindo aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais (JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001). Pelas particularidades de seu processo produtivo em relação a outros segmentos industriais – bem como a ineficiência de alguns desses processos, tem-se que a indústria da construção civil é também uma grande geradora de resíduos (SOUZA et al., 2004).

Conforme Mateus (2009), ademais da pressão sobre os recursos, deve-se considerar também a produção de cargas ambientais, como os resíduos sólidos, efluentes líquidos, emissões atmosféricas e poluição acústica, luminosa e térmica. As atividades de construção implicam, ainda, em alterações no próprio local de sua implantação: solo, ar, água e suas decorrências ecológicas e paisagísticas.

O ciclo de vida das edificações começa na fase de concepção e termina na fase de demolição ou desmantelamento, sendo a fase de utilização a de maior duração – enquanto as primeiras têm duração de meses, o uso da edificação pode passar de 50 anos (MATEUS, 2009). Desse modo, ressalta-se que após finalizada a construção, o impacto ambiental segue ocorrendo durante toda a fase de uso, de forma contínua, uma vez que

permanece a demanda pela utilização de recursos hídricos, energéticos, produtos e materiais para manutenção, etc. (LARUCCIA, 2014).

Nos anos 1990, Kibert (1994) já argumentava que, em conjunto aos critérios tradicionais de desempenho, qualidade e custo na construção civil, fossem adicionados critérios e princípios para diminuir os impactos ambientais. Os três critérios estabelecidos pelo autor, e que continuam válidos em tempos correntes, referem-se a minimizar o esgotamento dos recursos, prevenir a degradação ambiental e promover um ambiente saudável – sendo o último relacionado a criar ambientes internos com boa qualidade e ambientes externos à edificação sem a presença de substâncias tóxicas. Nessa perspectiva Kibert (1994) sugeriu seis princípios para a sustentabilidade na construção:

1. Minimizar o consumo de recursos (Conservar)
2. Maximizar a reutilização dos recursos (Reutilizar)
3. Utilizar recursos renováveis e recicláveis (Renovar/Reciclar)
4. Proteger o ambiente natural (Proteger a natureza)
5. Criar um ambiente saudável e não tóxico (Não intoxicar)
6. Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído (Qualificar)

Cada princípio apresenta uma gama de possíveis ramificações. Para as equipes de projeto e profissionais envolvidos, tais princípios devem ser utilizados tanto nas definições de projeto, como na especificação e planejamento da construção (KIBERT, 1994). Assim, a sustentabilidade de um projeto tem início na percepção do contexto no qual a edificação está inserida e nas decisões iniciais de projeto (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Diante da amplitude e abrangência desse contexto, que envolve pluralidade de aspectos, esse trabalho buscou delimitar recorte específico. Sendo assim, essa revisão bibliográfica se estruturou em três vertentes principais: 1) a água – contemplando os aparelhos e dispositivos economizadores, o reuso de águas cinzas e o aproveitamento de águas pluviais, o esgotamento sanitário e a drenagem; 2) o conforto ambiental na edificação – incluindo princípios bioclimáticos; e 3) a energia – abordando a eficiência dos equipamentos e o uso de energias renováveis. Além delas, ao final, discorre-se também sobre as certificações, tratando, mais especificamente, sobre o Selo Casa Azul e a qualificação Qualiverde.

2.2 ÁGUA

Inicialmente, cabe destacar que a água será abordada no que tange seus sistemas e dispositivos afetos à escala do lote. Portanto, os aspectos associados à escala da cidade, que contemplam as formas de captação, adução, tratamento e distribuição, não fazem parte do escopo desse trabalho.

Sendo assim, dentre as medidas que podem ser empregadas no que concerne à conservação e proteção da água no âmbito de uma edificação unifamiliar, destacam-se o emprego de aparelhos e dispositivos economizadores, que atuam na demanda, e as soluções referentes ao aproveitamento de águas pluviais, ao reuso de águas cinzas, ao esgotamento sanitário e à drenagem, aspectos relevantes para a redução do impacto ambiental da edificação.

Os aparelhos e dispositivos economizadores possuem maior eficiência e reduzem a influência do comportamento do usuário no consumo de água. As bacias sanitárias dual, por exemplo, possibilitam ao usuário a escolha entre dois volumes de descarga: um de 6 litros (volume útil da caixa), e outro de 3 litros. Assim, essas proporcionam uma economia de 40% no consumo de água em comparação com uma bacia convencional de 6 litros – já considerando que nessa última, o acionamento da descarga para dejetos líquidos consome 80% do volume. Tem-se, também, os arejadores, dispositivos instalados na saída de água da torneira, que, por meio de uma tela fina, aumentam a perda de carga e reduzem a vazão, possibilitando a redução de até 50% no consumo de água nesses pontos de utilização (BAZZARELLA, 2005; LOMBARDI, 2012; ALBUQUERQUE NETO; JULIO, 2014).

Considerando que, nas áreas urbanas, o setor residencial é responsável por mais da metade do consumo total de água – e que do total consumido em uma residência, em média, 40% destina-se a usos não potáveis, o aproveitamento de águas pluviais e a reutilização de águas cinzas para consumos não potáveis enquadram-se como medidas importantes para a sustentabilidade hídrica (GONÇALVES, 2006; MAY, 2009). Após verificada a qualidade e feito o devido tratamento, essas águas podem ser utilizadas para diversos fins não potáveis, incluindo irrigação de gramados e plantas, em bacias sanitárias, torneiras de jardins, recarga de aquíferos, usos ornamentais como espelhos d'água, entre outros (ANNECCHINI, 2005; MAY, 2009). Nesse sentido, vale destacar a contribuição de NBRs recentes como a NBR 16782:2019 e a NBR 16783:2019. A primeira aborda os requisitos, procedimentos e diretrizes para as edificações novas ou existentes que optem por empregar práticas relacionadas à conservação de água, na combinação de ações de gestão da demanda e da oferta. A segunda trata dos procedimentos e requisitos referentes aos sistemas de fontes alternativas de água não potável, indicando desde a caracterização

e dimensionamento, ao uso e manutenção. Ambas são aplicáveis para edificações de diversas tipologias – de residenciais à institucionais, e são voltadas para que se atinja maior eficiência no uso da água, favorecendo o aspecto ambiental (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019a, 2019b).

Além de reduzir a demanda sobre as águas potáveis, e, conseqüentemente, o volume de água a ser tratado e veiculado pelas concessionárias, o aproveitamento das águas pluviais contribui para a diminuição da ocorrência de enchentes e processos erosivos, uma vez que reduz o escoamento superficial resultante das superfícies dos telhados e dos pisos impermeáveis. A adoção desses sistemas promove, também, a conscientização ambiental, estimulando a participação mais ativa na conservação dos recursos naturais (BOTARI; BOTARI; BERTONHA, 2015).

Em geral, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais envolvem, essencialmente, os seguintes componentes principais: área de captação, telas ou filtros, tubulação, e reservatório de armazenamento. No que concerne à coleta, quando feita por meio dos telhados, esses devem ser projetados e construídos respeitando as normas técnicas e recomendações do fabricante, além de priorizar o uso de telhas com coeficientes de escoamento maiores e menor absorção de água, a fim de maximizar o volume captado. Quando os pisos impermeáveis são utilizados como área de coleta, é necessário que tenham pequena inclinação para possibilitar o escoamento da água, ressaltando que deve-se evitar coletar água de superfícies que possam ser contaminadas por óleos e resíduos, como nas passagens de veículos. Em ambos os sistemas, devem-se usar dispositivos para impedir a entrada de materiais grosseiros, como telas, filtros ou grades em componentes de cobertura ou de pisos. Quanto ao reservatório de armazenamento, o dimensionamento adequado e escolha do material, bem como a decisão se será enterrado ou superficial, são pontos cruciais para a viabilidade econômica do sistema, uma vez que, geralmente, trata-se do componente mais oneroso (ANNECCHINI, 2005).

Para Herrmann e Schmida (2000), dentre a gama de configurações dos sistemas coletores de águas pluviais, há quatro tipos principais. No sistema tipo “fluxo total”, a água captada passa por um filtro ou tela e é direcionada para o reservatório de armazenamento, extravasando para o sistema de drenagem quando o volume do reservatório é preenchido. Os tipos “com derivação” (também conhecido como “auto-limpante”) e “com infiltração” possuem estrutura semelhante ao “fluxo total” - o “com derivação” diferencia-se por descartar o primeiro volume de água de chuva através de uma derivação na tubulação vertical, e o “com infiltração” destina o volume que extravasa para um sistema de infiltração no solo. Por fim, o sistema tipo “com volume de retenção adicional” permite o armazenamento de um volume adicional ao de consumo, reduzindo a pressão sobre o

sistema de drenagem. Nesse último, uma válvula na altura máxima do volume de consumo permite que o volume de retenção adicional seja liberado posteriormente para o sistema de drenagem.

Como as superfícies de coleta estão expostas à poeira, detritos, e ao acesso de insetos e pequenos animais, recomenda-se o descarte do volume inicial correspondente às primeiras chuvas após o período de estiagem ou aos primeiros 2mm de cada chuva, através do uso do sistema tipo “com derivação” (MAY, 2009; CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010; RIBEIRO, 2015). A Figura 2 ilustra um dos possíveis dispositivos para o descarte.

Figura 2: Dispositivo de descarte do volume inicial de chuva



Fonte: Adaptado de Caixa Econômica Federal (2010).

O sistema de tratamento a ser implantado depende da qualidade da água e também do uso a qual será destinada, sendo possível um baixo custo de implantação conforme a tecnologia a ser adotada. Destaca-se que, com exceção das bacias sanitárias, os pontos de utilização dessas águas devem ser instalados somente em áreas técnicas, com o uso de torneiras de acionamento restrito e comunicação visual para avisar que trata-se de água não potável (MAY, 2009; CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

Além do aproveitamento das águas pluviais, outra fonte alternativa de água para fins não potáveis é o reuso das águas cinzas, as quais podem ser definidas como as águas provenientes de usos domésticos, excluindo as das bacias sanitárias. Essas dividem-se, ainda, em águas cinzas de baixa carga poluente e águas cinzas de alta carga poluente. As de baixa carga poluente excluem também a água derivada da cozinha, considerada de alta carga poluente (NOLDE, 2000), já que possui maior concentração de compostos orgânicos. Portanto, para essas últimas, ressalta-se a importância do uso das caixas de gordura.

Conforme pesquisa feita por Boyjoo, Pareek e Ang (2013), entre 41 e 91% das águas de usos domésticos são transformadas em águas cinzas, variando de acordo com os hábitos de consumo dos países. Decorrente desta pesquisa, foi constatado ainda que, com o uso das águas cinzas tratadas para atividades em que possa ser utilizada água de qualidade inferior, o potencial de economia de água potável varia de 9 a 46%, e que o volume de água cinza gerado cobre facilmente o uso para descargas das bacias sanitárias e

a maior parte da rega para jardins. Segundo os referidos autores, comumente as águas cinzas são utilizadas sem tratamento para fins de rega de plantas ou gramados, e que para esse caso, seu uso em pequena escala, não oferece grandes riscos ao meio ambiente ou à saúde humana. Todavia, recomenda-se que seja feito tratamento antes da reutilização, a fim de assegurar as propriedades do solo e o desenvolvimento das plantas, bem como garantir que não haja contaminação das águas subterrâneas. Para outras aplicações do reuso, em descargas de bacias sanitárias, por exemplo, o tratamento é imprescindível. A conduta mais indicada seria caracterizar as águas cinzas, comparar com os padrões requeridos para cada tipo de uso e, posteriormente, definir a técnica de tratamento mais adequada.

O estudo desenvolvido por Rossi e Elias (2015) buscou verificar a aplicabilidade do reuso das águas cinzas considerando uma unidade residencial unifamiliar de baixa renda, com até cinco habitantes, no contexto brasileiro. Constatou-se, por meio de pesquisa bibliográfica e projeto baseado em informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que o volume de águas cinzas de baixa carga poluente excede o volume necessário para as bacias sanitárias. No projeto, foi considerado um sistema de tratamento em duas etapas, com filtração por meio de um filtro aerado, e desinfecção através da cloração. Após o tratamento, a água pode ser levada para o ponto de reaproveitamento (descarga sanitária) por gravidade ou motor-bomba. Como resultado da pesquisa constataram a viabilidade do sistema que procurou adequar a tecnologia empregada às condições financeiras do contexto estudado.

No que concerne ao sistema de esgotamento sanitário, a segregação das águas residuárias tem se mostrado uma solução facilitadora no processo de tratamento, uma vez que águas cinzas e negras demandam níveis diferentes de cuidados. As águas negras – que são aquelas provenientes do uso das bacias sanitárias, contendo elevada carga orgânica e sólidos em suspensão, representam de 20 a 30% do volume dos esgotos domésticos. Assim, a segregação das águas residuárias justifica-se por possibilitar estações de tratamento de menor porte e mais direcionadas ao tipo de resíduo, facilitando a operação, manutenção e produzindo menos subprodutos (GONÇALVES, 2006; REBÊLO, 2011).

O projeto hidráulico de segregação de águas residuárias deve considerar o processo de tratamento a ser adotado, de modo a reduzir os custos de instalação, construção e manutenção. Na literatura especializada, as águas provenientes da cozinha são consideradas de alta carga poluente, uma vez que contém matéria orgânica e óleos, não devendo ser utilizadas no reuso de águas cinzas. Portanto, é recomendada a inclusão das águas provenientes da cozinha junto à coleta das bacias sanitárias, já que estas possuem grande quantidade de sólidos em suspensão e compostos graxos, óleos e gorduras de

origem animal e vegetal – os quais alteram significativamente a possibilidade de um tratamento mais simplificado para as águas cinzas (NOLDE, 2000; GONÇALVES, 2006).

Quanto aos tratamentos, esses podem ser físicos, químicos e biológicos. Para residências unifamiliares, os tratamentos biológicos anaeróbios apresentam-se como uma das soluções mais viáveis no tratamento das águas negras, por possuírem baixo custo de construção e serem de fácil manutenção e operação (REBÊLO, 2011). Conforme Gonçalves (2006), os sistemas que utilizam o processo anaeróbio de estabilização da matéria orgânica possuem baixo consumo de energia, são de pequeno porte e têm produção diminuta de lodo – o qual já caracteriza-se como estabilizado e pronto para disposição final. Todavia, seus efluentes finais não podem ser lançados em corpos d'água, sendo necessário um pós-tratamento para se adequar aos padrões de lançamento.

Para Gonçalves (2006), um método consagrado para tratamento de esgoto de uma edificação unifamiliar ou de um grupo de residências tem sido o tanque séptico seguido de filtro anaeróbico. Nele, a primeira unidade retém os sólidos sedimentáveis presentes, funcionando tanto como um decanto-digestor para sólidos orgânicos de pequenas dimensões, quanto para os sólidos sedimentáveis. Na segunda parte do sistema, o filtro anaeróbio recebe o efluente proveniente do tanque séptico, sendo a disposição final feita por valas de infiltração no solo ou outras soluções similares de infiltração.

Na escala urbana, o aumento das áreas impermeabilizadas reduz a infiltração das águas pluviais no solo, intensifica o escoamento superficial e prejudica a recarga dos lençóis freáticos e aquíferos (ANNECCHINI, 2005). Assim, em termos de instrumentos urbanísticos, recomenda-se a adoção de um coeficiente de permeabilidade superior ao exigido pela legislação local, permitindo um balanço hídrico mais adequado. Enquadra-se aqui o uso de pavimentos permeáveis, os quais diminuem a pressão sobre outras soluções.

Além do aproveitamento das águas pluviais, que reduz e atrasa o volume de água destinado ao sistema de drenagem, a gestão descentralizada das águas pluviais, no local de origem – nesse caso, o lote, apresenta-se como um aspecto a ser considerado nas construções que buscam minimizar o impacto ambiental (STEPHENS et al., 2003). Ao reter as águas pluviais no lote, reduz-se a demanda sobre a rede pública, evitando que seja sobrecarregada e todos os problemas que isso acarreta. Dentre as soluções disponíveis e adequadas para o caso de residências unifamiliares, nos parágrafos seguintes são descritas as trincheiras de infiltração e jardins de chuva, por terem maior simplicidade construtiva e, também, viabilidade econômica.

As trincheiras de infiltração são estruturas lineares, preenchidas com agregados (tais como pedras, pedriscos, rachão, etc.), que armazenam a água até que ela infiltre

completamente no solo – ou seja, criam condições para que o escoamento ocorra através desse e, com isso, podem recolher água das superfícies impermeáveis. Com tempo de armazenamento normalmente correspondente à 72 horas, o uso dessa solução permite a redução do escoamento superficial e, portanto, evita os riscos de inundação (PEITER; POLETO, 2012).

Por sua vez, os jardins de chuva são feitos em depressões topográficas (já existentes ou produzidas artificialmente), e recebem o escoamento das águas pluviais oriundas dos telhados e/ou outras áreas. Usualmente tratado para ter maior porosidade, o solo atua absorvendo a água. Paralelamente, os microorganismos nele presentes removem os poluentes difusos provenientes do escoamento superficial – processo que é intensificado ao se empregar plantas, que também aumentam a evapotranspiração. Conforme as condições geotécnicas do local e o espaço disponível, pode ocorrer total infiltração da água ou ser necessário, conjuntamente, o uso de extravasadores (CORMIER; PELLEGRINO, 2008). A adoção dos telhados verdes, descrita no item relacionado ao conforto ambiental na edificação, também contribui para a retenção e absorção da chuva.

2.3 CONFORTO AMBIENTAL NA EDIFICAÇÃO

Considerando que parte significativa do tempo das pessoas ocorre no interior de edifícios, os fatores relacionados ao conforto ambiental humano na edificação e suas decorrências na qualidade, conforto e salubridade também tem ganhado importância, uma vez que influenciam na saúde e na produtividade dos usuários dos ambientes (MATEUS, 2009).

Conforme Neves (2006), entende-se por arquitetura bioclimática aquela que objetiva minimizar os impactos resultantes de uma intervenção no meio, sendo seu princípio fundamental a correspondência entre as características arquitetônicas com o clima no qual a edificação está inserida. Segundo os princípios bioclimáticos, os projetos devem considerar o microclima e os recursos naturais, como a radiação solar, a temperatura, a umidade e as correntes de ar, a vegetação, dentre outros, buscando atingir, dentro do possível, as melhores condições de conforto e equilíbrio entre os ambientes construídos e seu entorno imediato. Nessa perspectiva promove-se o uso de soluções passivas, evitando-se a implantação de sistemas ativos de climatização, tais como ar-condicionado ou aquecedores.

Assim, explorando-se recursos provenientes da vegetação, da sombra, do uso da água, da terra, e do aproveitamento dos elementos e fatores climáticos para o controle da radiação solar, da umidade e da temperatura, o próprio ambiente construído é o responsável pelo controle das variáveis do meio (ROMERO, 2000). Cabe destacar que essas

considerações também se relacionam à eficiência energética, uma vez que a adoção dos princípios bioclimáticos resulta em edificações que, além atenderem ao conforto térmico, lumínico e acústico, apresentam um menor consumo de energia.

A racionalização do uso de energia está diretamente ligada a adequação da arquitetura ao clima (FROTA; SCHIFFER, 2001). Nesse sentido, a NBR 15220-3:2005 estabelece um zoneamento bioclimático, no qual o país é dividido em oito zonas bioclimáticas, contendo recomendações e diretrizes construtivas específicas para adequação climática em cada uma das zonas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). O recorte da revisão bibliográfica em termos de conforto ambiental na edificação incluirá as diretrizes estabelecidas por tal norma para a zona bioclimática na qual insere-se a residência do estudo de caso, assim como demais estratégias bioclimáticas pertinentes, tais como o posicionamento e a orientação da edificação no terreno, iluminação natural, o paisagismo e os telhados verdes.

A edificação do estudo de caso enquadra-se na zona bioclimática 4, sendo as diretrizes construtivas dessa zona bioclimática o emprego de aberturas médias para ventilação e sombreamento das aberturas. Quando às vedações, recomenda-se paredes externas pesadas e cobertura leve isolada. As estratégias de condicionamento passivo para o verão incluem resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, e ventilação seletiva. Já no inverno, o aquecimento solar da edificação e o emprego de vedações internas com maior inércia térmica proporcionam mais conforto térmico.

Outra norma que aborda questões relativas à habitabilidade é a NBR 15575:2013, a qual estabelece requisitos de desempenho para as edificações habitacionais, proporcionando além de maior conforto aos usuários, edificações de maior qualidade e durabilidade, fatores que também se relacionam com a redução do impacto ambiental (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Dentre as estratégias bioclimáticas, o posicionamento da edificação no terreno influencia na carga térmica que cada fachada irá receber, bem como na iluminação natural e ventilação. A orientação da implantação da edificação deve ser feita considerando a função e a ocupação dos ambientes internos, desde aqueles que sejam de baixa permanência, até os de longa permanência que devem ser priorizados em termos de orientação de suas aberturas de insolação e aeração. Assim, faz parte das soluções projetuais, a adequação entre a trajetória solar do local, os horários de ocupação dos ambientes e os horários de incidência em suas superfícies (aberturas e vedação) (RIBEIRO, 2008).

No que concerne propriamente a iluminação natural, de acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), no hemisfério Sul, a melhor orientação é a Norte, por ser a fachada com

maior incidência de luz solar direta nos meses mais frios. Na orientação Sul, há menos ofuscamento, e apesar da quantidade de luz ser baixa, esta apresenta constância e qualidade alta quando é necessário luz branca fria. As orientações Leste e Oeste recebem luz direta com diferentes intensidades no verão e no inverno, devendo ser consideradas nas tomadas de decisões projetuais. Além da iluminação proveniente das aberturas do sistema de vedação externo, pode-se usar, também, a iluminação zenital, que favorece a recepção de luz natural com maior uniformidade.

Deve-se atentar às aberturas uma vez que, além da entrada de luz natural, estas interferem no conforto térmico. Como exemplificado por Fernandes (2009), aberturas muito grandes, além de exceder as necessidades de conforto visual, podem aumentar a carga térmica da edificação, comprometendo o desempenho térmico ao demandar o uso do ar condicionado, por exemplo. A ventilação natural também relaciona-se diretamente com as aberturas da edificação, tendo grande importância para o conforto térmico (FROTA; SCHIFFER, 2001).

No Brasil, como observado por Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a ventilação natural é a segunda estratégia bioclimática mais importante, estando atrás somente do sombreamento. A orientação da implantação da edificação no terreno está intimamente ligada com a ventilação natural, bem como o posicionamento e dimensionamento das aberturas. Alegam, ainda, que a vegetação e outras construções ou objetos no entorno também influenciam diretamente na intensidade e ângulo de incidência do vento na edificação, podendo diminuir as perdas de calor por infiltração do ar. Assim, as árvores com copas altas são mais adequadas para o sombrear e, simultaneamente, permitir que o vento acesse a edificação, quando se deseja o resfriamento. Nesse sentido, a vegetação pode ser usada, também, como forma de direcionar o vento.

O sombreamento, como apresentado anteriormente, é uma das principais estratégias bioclimáticas a serem utilizadas no contexto brasileiro. Os dispositivos para proteção solar atenuam a incidência de radiação direta especialmente em superfícies transparentes ou translúcidas, e podem ser utilizados também como estratégia para evitar o ofuscamento, atuando no conforto térmico e lumínico (LOPES, 2016).

Outro recurso utilizado nos projetos é a ventilação cruzada, em que são necessárias duas aberturas em fachadas diferentes, podendo ser opostas ou adjacentes, contanto que as aberturas de entrada estejam em zona de alta pressão e as de saída em baixa pressão. Conforme Neves (2006), a ventilação é mais efetiva quando o vento entra obliquamente ou tem que mudar a direção, já que nessas condições o vento circula por uma área maior. Outro fator que influencia diretamente a ventilação, no que concerne ao direcionamento e

intensidade, são os tipos de abertura, que oferecem diferentes resistências à passagem do vento. O mesmo pode-se dizer para elementos externos, como brises, projeções horizontais ou verticais, e como já exposto anteriormente, para vegetações próximas que podem intensificar ou amenizar a incidência do vento.

No caso da ventilação seletiva, utiliza-se a ventilação natural como recurso para obtenção do conforto térmico quando a temperatura do ar interno é igual ou superior à determinada temperatura estabelecida (temperatura *setpoint*), e superior à temperatura externa. As temperaturas *setpoints* são diferentes no verão e no inverno, podendo ser utilizada ventilação seletiva diurna e/ou noturna (MATOS, 2007).

As cartas solares, segundo Bittencourt (2004), permitem definir os horários e períodos do ano em que é necessário controlar a insolação em determinado ambiente. Esse controle pode ser feito por meio de dispositivos de proteção solar, dentro de uma variada gama de soluções, podendo ser fixos ou de acionamento móvel, dispostos de forma horizontal, vertical ou mista. Nesse caso podem ser empregados os pergolados, beirais, brises, toldos, elementos vazados, venezianas, marquises, entre outros. Ainda conforme o autor, para definir o tipo de proteção a ser utilizada, aspectos como a eficiência, plasticidade, privacidade, ventilação, visibilidade, luminosidade, durabilidade, custos e manutenção devem ser levados em conta, de modo que a combinação adequada desses fatores conduza a uma solução de melhor desempenho. O autor ressalta que os protetores utilizados no interior dos ambientes, como cortinas e persianas, não impedem os raios solares de alcançarem os vidros da esquadria e os próprios protetores, podendo gerar aquecimento no ambiente.

Por sua vez, o resfriamento evaporativo é uma estratégia de condicionamento térmico que utiliza a evaporação da água para amenizar a sensação térmica em climas mais quentes e secos. Andrade (1996) explana que esse recurso pode ocorrer de modo direto ou indireto. Como medida passiva, o resfriamento evaporativo direto ocorre pela introdução do fluxo de ar úmido proveniente da evaporação de fontes d'água ou evapotranspiração vegetal, de modo que a temperatura do ar é reduzida e a umidade aumentada. Deve-se atentar para que o clima seja suficientemente seco para aplicação de tal medida, ou que haja adequada ventilação, capaz de remover eventual excesso de umidade que possa levar ao desconforto. No caso indireto, o resfriamento acontece sem que ocorra o aumento da umidade no ambiente interno, uma vez que ele é feito, por exemplo, por meio de tanques de água na cobertura. Esta solução resulta em uma redução do fluxo de calor que atravessa a laje, proporcionando a amenização da temperatura no interior da edificação.

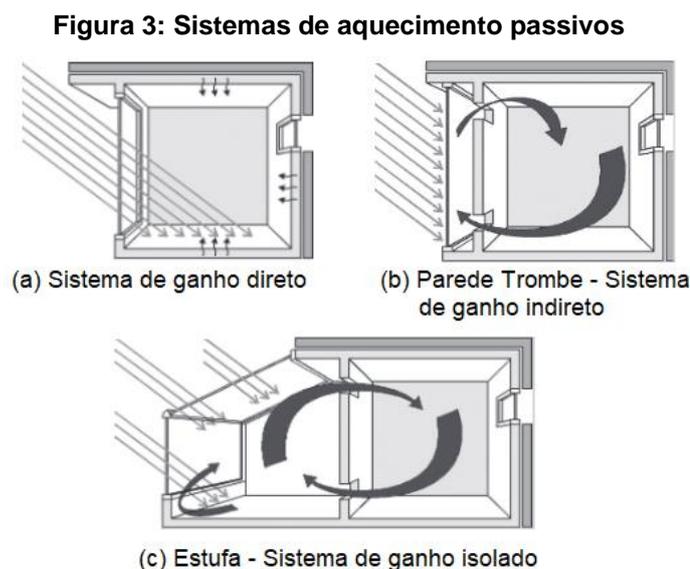
Outra estratégia para o resfriamento é o uso de massa térmica. Os materiais com maior capacidade térmica diminuem a amplitude da temperatura interior em comparação à exterior. Por permitir um atraso na transmissão do calor para o ambiente interno, o uso da inércia térmica evita picos. Durante os períodos mais quentes, esses materiais armazenam o calor, transferindo-o por reirradiação tanto para o ambiente interno, quanto para o externo durante à noite. Assim, no final do dia, ocorre uma inversão no fluxo de troca de calor e os materiais começam a resfriar. À noite, a temperatura interna eleva-se, mas mantém-se abaixo da máxima externa, o que diminui a amplitude térmica interna (ANDRADE, 1996).

Considerando que a inércia térmica possa ser utilizada como estratégia para resfriar o ambiente interior em climas quentes, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) recomendam o sombreamento das aberturas de forma a evitar que o ar quente proveniente do exterior, no período diurno, adentre a edificação. Já durante à noite, a ventilação seletiva permite retirar o ar aquecido de dentro da edificação, o que possibilita temperaturas mais baixas no próximo período. Da mesma forma que pode ser usada para o resfriamento, a inércia térmica também pode ser usada como uma estratégia para aquecimento em climas mais frios. Segundo os referidos autores, mesmo que a temperatura do ar externo seja baixa, a insolação direta pode aquecer as paredes e cobertura, permitindo o aquecimento durante a noite, juntamente com o atraso e diminuição da perda de calor para o ambiente externo, podendo ser empregues materiais isolantes.

O aquecimento passivo visa aproveitar a radiação solar no inverno para aquecimento da edificação de forma natural, através de sistemas que fazem parte da estrutura construtiva da edificação. De acordo com Gonçalves e Graça (2004), esses sistemas levam em conta dois elementos básicos: uso de superfícies envidraçadas para captar a radiação solar orientadas de modo a maximizá-la, e massa térmica, a qual é responsável pela absorção, armazenamento e distribuição da energia térmica. Os autores classificam tais sistemas em ganho direto, indireto e isolado, conforme indicado na Figura 3.

Ainda conforme Gonçalves e Graça (2004), no sistema de ganho direto, ilustrado na Figura 3 (a), os vidros são posicionados de forma a possibilitar que a radiação incidente no espaço, promovendo um aquecimento mais rápido, e também nas massas térmicas envolventes, como paredes e pisos. Como já exposto, pela inércia térmica, há uma atenuação da amplitude térmica, e durante à noite, a massa térmica devolve o calor absorvido ao longo do dia ao espaço interno. Nesse caso, é preciso que haja o correto equilíbrio entre massa térmica, isolamento e aberturas, a fim de garantir o conforto térmico e lumínico. Já no sistema indireto, a massa térmica é colocada entre a superfície de ganho (vidro, por exemplo) e o local que se deseja aquecer, ou seja, a radiação incide diretamente sobre a massa térmica, a qual transfere o calor posteriormente ao ambiente. Essa

transferência pode ser imediata ou com atraso, a depender do uso ou não de estratégias para circulação do ar. Exemplos do sistema indireto são as paredes trombe, conforme a Figura 3 (b), e colunas de água. Por fim, nos sistemas de ganho isolado, como estufas e coletores de ar, a captação e armazenamento do calor são feitas em uma área não ocupada da edificação. A transmissão do calor é feita por condução através de uma parede de armazenamento entre a estufa e o espaço adjacente, ou por convecção, caso seja possível a circulação do ar, como indicado na Figura 3 (c).



Fonte: Adaptado de Gonçalves e Graça (2004).

O paisagismo pode proporcionar conforto térmico e visual. A vegetação contribui para a absorção da radiação em seu processo de fotossíntese e de evapotranspiração, amenizando a temperatura, além de proporcionar sombreamento, criando um microclima mais favorável (NEVES, 2006). Também pode-se utilizar árvores e arbustos para sombreamento das aberturas e direcionar os ventos. As árvores de folhas caducas, por exemplo, possibilitam o sombreamento sem o bloqueio da luz natural, e durante o inverno, quando as folhas caem, permitem adequada incidência dos raios solares (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). O uso de gramados e vegetação no geral, em substituição a pisos impermeáveis, permite a infiltração da água no solo, auxiliando na redução do escoamento superficial e na alimentação dos lençóis freáticos.

Além da adequabilidade ao clima local, que leva à indicação do uso de espécies nativas, é importante que sejam usadas espécies vegetais adequadas ao uso da edificação e que não causem danos aos elementos construtivos. Nesse sentido, deve-se atentar, também, ao porte da árvore, de modo a evitar que cause problemas como quebra de pisos ou, no caso de proximidade com o passeio, de calçadas, e interferência na fiação pública (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

As coberturas ou telhados verdes são uma possibilidade para conforto térmico, acústico e visual. Trata-se de uma solução construtiva baseada no uso de vegetação sobre a cobertura, e pode ser usada em qualquer edificação, contanto que a estrutura para a instalação seja adequada, bem como haja sistema de drenagem e impermeabilização (ALBERTO et al., 2012). Esses classificam-se essencialmente em intensivos ou extensivos. Conforme descrito por Heneine (2008), os intensivos assemelham-se à jardins comuns, com uma camada de solo mais espessa – acima de 15cm, abrangem uma área mais extensa e comportam espécies vegetais maiores, usualmente demandando manutenção periódica. Já os extensivos são mais leves, com espessura de substrato de 10cm ou menos, e utilizam vegetação perene e rasteira. Por serem selecionadas espécies que requerem poucos cuidados, apresentam manutenção mínima.

Dentre os benefícios do uso dos telhados verdes, estão a moderação da temperatura no interior das edificações, a contenção temporária da chuva, limpeza de poluentes atmosféricos e contribuição com aspectos ecológicos (BEATRICE, 2011). Outros aspectos positivos são efeito estético agradável e a valorização do imóvel. Além disso, eles também proporcionam maior conforto acústico, devido ao substrato e também às plantas - por exemplo, um telhado verde com 12cm de substrato é capaz de minimizar a transmissão sonora em até 40db (ALBERTO et al., 2012).

As coberturas, no caso de edificações baixas, são mais relevantes do que as paredes quanto à absorção de calor pelas edificações, por estarem em posição mais próxima ao plano horizontal e, portanto, a radiação incidir de forma direta na maior parte do dia (RIBEIRO, 2008). Nesse sentido, com o uso dos telhados verdes, a radiação incidente na cobertura é absorvida pelas plantas e a evapotranspiração atua como medida de resfriamento evaporativo indireto, reduzindo a temperatura da laje e contribuindo para um microclima mais ameno. Desse modo, reduz-se a necessidade de sistemas artificiais de climatização, e conseqüentemente, há um menor consumo energético.

2.4 ENERGIA

O Brasil está entre os dez maiores consumidores de eletricidade do mundo. No país, o setor residencial é responsável por 29% dessa demanda, estando atrás somente do setor industrial, que consome 36% da eletricidade (BRASIL, 2018). Conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia (BRASIL, 2019), a projeção para o período de 2018 à 2029 é que o consumo residencial de energia elétrica cresça 3,9% ao ano, pelo crescimento do número de consumidores e também devido ao incremento do consumo médio residencial. O aumento da aquisição de eletrodomésticos será um dos fatores que levará ascensão do

consumo de energia, embora o aumento da eficiência energética – por revisão dos índices mínimos do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), possa propiciar uma redução do consumo médio dos eletrodomésticos. No caso de um eventual aumento de renda da população, haveria maior demanda por ambientes climatizados. O ar condicionado, portanto, seria o principal responsável pelo aumento no consumo de eletricidade – nesse ponto, cabe ressaltar a importância da adoção de estratégias bioclimáticas como solução para o conforto térmico, reduzindo a necessidade de tais equipamentos e, conseqüentemente, a demanda energética. Por outro lado, o uso de energia elétrica para iluminação continuará a diminuir, devido ao uso de lâmpadas LED. A substituição de chuveiros elétricos por aquecimento solar térmico, ou ainda por aquecedores a gás, também propiciará uma redução no uso da eletricidade para aquecimento de água.

Inicialmente, a eficiência energética relacionava-se apenas à melhora nos equipamentos, visando diminuir o consumo. Todavia, com o consumo energético elevado nas edificações, percebeu-se que a eficiência somente por meio dos sistemas ativos não seria possível, uma vez que essa também depende da eficiência do projeto da edificação. (FERNANDES, 2009). Nesse contexto, para mitigar os impactos ambientais das edificações, seria necessário a adoção de soluções bioclimáticas/passivas, de soluções ativas de maior eficiência energética e o uso de fontes renováveis.

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a eficiência energética está estreitamente relacionada às medidas previstas já na fase de projeto das edificações, dotando-as de um potencial capaz de incorporar recursos que proporcionem conforto térmico, visual e acústico, com baixo consumo de energia. Assim, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando, com um menor consumo de energia, promove as mesmas condições ambientais. Nesse sentido, como já descrito, as soluções baseadas em conforto ambiental humano na edificação e nos princípios bioclimáticos, apresentadas no item anterior, relacionam-se diretamente com a eficiência energética.

No que concerne aos equipamentos eficientes, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) criou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), estabelecida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), a qual classifica equipamentos, veículos e edificações em faixas coloridas, usualmente de A, mais eficiente, até E, menos eficiente. Por sua vez, o Selo PROCEL foi criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), que tem como objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Esse selo é atribuído aos equipamentos com maior eficiência no consumo de energia elétrica disponíveis no mercado (ELETROBRAS; PROCEL, 2016). Assim, o uso de equipamentos

(eletrodomésticos, lâmpadas, sistema de aquecimento solar) com Selo PROCEL ou nível A de eficiência pela ENCE auxilia na redução do consumo energético da edificação.

Quanto à iluminação artificial, as lâmpadas de *Light Emitter Diode* (LED) apresentam grande vida útil e também eficiência energética. Conforme Santos et al. (2015), o consumo energético dessas é significativamente inferior ao das lâmpadas convencionais – comparado às lâmpadas incandescentes, por exemplo, há uma redução de 82% no consumo. A dissipação de calor também é mínima, reduzindo o aquecimento do ambiente. Outra vantagem é que as lâmpadas LEDs não utilizam em sua composição metais pesados, como o mercúrio, e também são mais resistentes à quebra (PEREIRA; CARVELLI, 2018). Apesar de o custo de aquisição ser mais oneroso, a durabilidade de uma lâmpada doméstica de LED é de 50.000 horas, contra 6.000 horas das fluorescentes e 1.000 horas das incandescente (SANTOS et al., 2015), justificando o investimento inicial – o qual é recuperado também pela economia de energia.

Como explanado por Lamberts et al. (2010), devido às rápidas mudanças ambientais ocorridas em um período de tempo relativamente curto, o abastecimento energético mundial é, atualmente, um ponto de destaque, e para a racionalização energética, é preciso o uso mais intenso de fontes renováveis, com ênfase para a solar. Rüter (2004) demonstra que a energia solar incidente sobre a Terra em um dia excede a demanda de todos os habitantes do planeta em um ano. Por outro lado, as usinas geradoras convencionais ocasionam diversos problemas - inclusive as hidrelétricas, as quais demandam grande infraestrutura e o processo de construção causa elevados impactos socioambientais, e as usinas nucleares, que têm oposição do público. Outro inconveniente das usinas geradoras centralizadas é a possibilidade de *blackouts* elétricos, afetando uma grande parcela da população.

Nesse aspecto, a geração distribuída por sistemas fotovoltaicos também apresenta vantagens, contribuindo com a matriz energética e também minimizando os impactos ambientais, uma vez que a conversão da energia solar ocorre de modo silencioso e sem emissão de gases. No que concerne à incidência de radiação solar, o território brasileiro apresenta grande potencial para utilização de energia solar, a qual pode contribuir para redução dos picos de demanda diurnos (TORRES, 2012).

A denominação “sistema fotovoltaico” refere-se ao conjunto de elementos utilizados para a conversão direta da energia solar em elétrica, em condições apropriadas para aparelhos elétricos e eletrônicos, sendo seu principal componente o painel fotovoltaico (LAMBERTS et al., 2010). Conforme apresentado por Rüter (2004), os sistemas remotos, também denominados autônomos ou isolados, são instalados em locais onde não há rede pública, e precisam de um meio de acumulação de energia gerada, como um banco de

baterias, para que a demanda dos períodos noturnos seja suprida. Já os sistemas solares fotovoltaicos interligados à rede pública atuam como usinas geradoras juntamente com as grandes centrais geradoras convencionais, e por não utilizarem bateria, os custos e também a manutenção são diminuídos em comparação aos sistemas remotos. Esses podem ser integrados à edificação, como na fachada ou cobertura, ou instalados de forma centralizada, sendo essa última uma configuração que demanda sistemas de transmissão e distribuição com elevados custos. Quando a geração de energia é superior à demanda, o excedente é disponibilizado para a rede pública, gerando um crédito energético, e quando é inferior, a diferença é suprida pela rede.

Os sistemas isolados são compostos por painel fotovoltaico, controlador de carga, acumulador de carga (banco de baterias) e inversor. O controlador de carga é o equipamento eletrônico responsável pelo controle e monitoramento da carga e/ou descarga do acumulador de cargas, e o inversor por converter a tensão contínua em tensão alternada. Já os sistemas integrados à rede são compostos essencialmente pelos painéis fotovoltaicos e inversor. Em ambos os sistemas, há dispositivos de controle e proteção, como chaves, fusíveis e disjuntores, estrutura de suporte e fiação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 11704, 2008; TORRES, 2012).

Além de ter menor custo entre os sistemas fotovoltaicos, as vantagens do sistema interligado à rede pública e integrado à edificação, ainda de acordo com Rüter (2004), devem-se à inexistência de rede de transmissão e distribuição, evitando perdas decorrentes desses processos, o que o classifica como ideal em termos de eficiência energética. Diferentemente dos sistemas remotos, no qual é preciso considerar os períodos de baixa incidência solar e, conseqüentemente, superdimensionar o sistema para a maior parte do tempo, nos sistemas interligados à rede, quando a geração não consegue suprir a demanda, a rede pública é usada como *back up*. Não são necessárias instalações de infraestrutura adicionais, nem área extra para implantação. Ademais, as placas fotovoltaicas também podem ser utilizadas como material de revestimento, proporcionando redução de custos e uma estética inovadora, associando o aspecto ecológico ao projeto da edificação.

A energia solar pode ser convertida em eletricidade ou também ser usada para aquecer a água, reduzindo a demanda de energia elétrica. Segundo Lamberts et al. (2010), o uso de sistemas de aquecimento minimiza o consumo no pico da demanda do sistema elétrico nacional – fato que ameniza a necessidade de investimentos nos sistemas de geração, transmissão e distribuição. No Brasil, tanto as condições climáticas, quanto os níveis de irradiação solar são adequados para o aquecimento solar de água.

Os sistemas de aquecimento solar de água são compostos essencialmente por coletores solares (placas coletoras), reservatório térmico (*boiler*), fonte auxiliar de energia, sistema de controle e rede de distribuição de água aquecida. As placas coletoras são responsáveis por captar a energia solar e convertê-la em térmica, possibilitando o aquecimento da água em temperaturas próximas à 100°C. Usualmente, para melhor aproveitamento da energia solar, são instaladas na cobertura das edificações. Para uso residencial, os coletores solares podem ser planos, tubos evacuados ou sem cobertura, diferenciando-se quanto à forma construtiva e também pela aplicação. Os planos são os mais utilizados no Brasil, por sua simplicidade construtiva, custo-benefício, fácil manutenção e durabilidade (LAMBERTS et al., 2010).

Por sua vez, os reservatórios são necessários porque, na maioria dos casos, o período de consumo não coincide com o de ganho de energia térmica solar, além de que, majoritariamente, os sistemas têm potência de aquecimento inferior à demanda, funcionando por acumulação. O sistema de aquecimento auxiliar (*back up*) justifica-se pelo fato de que, se fosse necessário o dimensionamento para a menor incidência de radiação solar, o sistema seria superdimensionado para a maior parte do tempo e teria baixa viabilidade econômica. Assim, no Brasil, o mais comum é o uso de resistências instaladas dentro do reservatório térmico. Por fim, os sistemas de controle e acionamento têm a função de maximizar o aproveitamento da energia solar, podendo ser para acionamento do sistema de aquecimento auxiliar, acionamento da bomba de circulação para os coletores e agenda de eventos (LAMBERTS et al., 2010).

Dentre as classificações desses sistemas, quando o fluido aquecido pela placa coletora for o mesmo que será consumido, o sistema é tido como direto. Por sua vez, denomina-se indireto o sistema no qual a placa coletora aquece determinado fluido, e o calor desse é transferido à água que será consumida. No caso dos sistemas indiretos, utiliza-se um circuito fechado para o fluido que circula nas placas e um trocador de calor para a transferência da energia térmica. Quanto ao tipo de circulação, o sistema é denominado passivo (termo-sifão natural) quando a circulação da água ocorre apenas por diferença de densidade, e ativo (por bombeamento) no caso de a circulação ocorrer através de uma bomba. No Brasil, a maior parte dos sistemas são diretos e passivos (LIMA, 2003; LAMBERTS et al., 2010).

Embora a instalação de sistemas de aquecimento solar seja onerosa, exceto quando for necessário usar o sistema *backup*, não haverá custos para o aquecimento de água. Assim, como constatado por Lamberts, Dutra e Pereira (2014), o valor investido é recuperado pela economia de energia em até dois anos e meio de uso, considerando uma residência unifamiliar. Conforme os referidos autores, é preciso cuidado para que o sistema

de *backup* não seja demasiadamente utilizado, fato que ocorre quando não é feita a adequada instalação quanto à orientação e inclinação das placas fotovoltaicas, reduzindo a eficiência do sistema de aquecimento solar. No hemisfério Sul, as placas devem estar voltadas ao norte geográfico, e a inclinação em relação à horizontal deve ter o valor da latitude local acrescida de 10°, a fim de maximizar a incidência da radiação solar no inverno. Desse modo, com a instalação adequada, o sistema de aquecimento solar torna-se um atributo importante nas edificações que buscam maior sustentabilidade, reduzindo, juntamente com a adoção das demais medidas ilustradas nesse tópico, a pressão sobre a rede elétrica pública, e proporcionando, também, benefícios de cunho econômico.

2.5 CERTIFICAÇÕES

Diante das pressões para mudanças no setor da construção civil, no que concerne à adoção de práticas mais sustentáveis, muitos países começaram a implementar soluções que acreditavam ser mais adequadas às edificações – todavia, não havia como verificar se, de fato, estavam minimizando os impactos ambientais. Sob essa perspectiva, surgem os métodos de avaliação e certificação ambiental, estabelecendo requisitos a serem cumpridos, e aferindo seu grau de atendimento (SILVA, 2003; DINAMARCO, 2016).

Pela definição de Bezerra (2013), as certificações e etiquetas são direcionadores para boas práticas, além de instrumentos que permitem a comparação entre edificações com benefícios para usuários. Complementarmente, Dinamarco (2016) afirma que as certificações têm, também, a função de colocar em destaque as edificações que adotam soluções mais sustentáveis, de acordo com os critérios do método de avaliação utilizado.

Outro aspecto a ser considerado, conforme constatado por Silva (2003), é que a rotulagem ambiental em edificações auxilia no desenvolvimento de uma consciência compartilhada do que é estar, de fato, alinhado à uma perspectiva mais adequada em termos ambientais. Assim, esse instrumento possibilita que os consumidores tenham uma participação mais ativa no que diz respeito à responsabilidade de construção de uma sociedade mais sustentável. Ainda segundo a autora, há, também, uma demanda do mercado para as certificações, uma vez que atestam e apresentam as características ambientais da edificação de forma concisa e atraente. Nesse sentido, pela diferenciação e competitividade, com as certificações de adesão voluntária, pretende-se que o próprio mercado instigue padrões ambientais mais elevados

Mundialmente, há diversos métodos de avaliação e certificação de edificações. Todavia, o uso de metodologias estrangeiras não é a opção mais adequada, uma vez que, por mais que sejam eficientes no seu país de origem, não traduzem o real desempenho das

edificações no contexto brasileiro (ou de outro país), podendo causar distorções nos resultados. Muitas das variáveis de análise são específicas, perdendo a validade ao estarem fora do contexto para o qual foram pensadas, enquanto outros aspectos importantes, que precisariam ser contemplados na busca por maior sustentabilidade, podem não estar sendo considerados (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003; SILVA, 2003). Desse modo, as certificações adequadas à realidade local proporcionam um resultado mais efetivo e preciso.

Tendo isso em conta, no presente trabalho optou-se por abordar sobre duas certificações: o Selo Casa Azul e a qualificação Qualiverde, uma vez que, além das suas particularidades, conforme descrito em seus respectivos itens, ambas foram concebidas para o contexto brasileiro e têm adesão voluntária.

2.5.1 SELO CASA AZUL

O Selo Casa Azul foi desenvolvido pela Caixa Econômica Federal como um instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais. Trata-se do primeiro sistema de classificação da sustentabilidade de projetos elaborado para a realidade da construção habitacional do Brasil. Assim, seu objetivo é incentivar o uso racional dos recursos naturais, promover maior qualidade à edificação e ao seu entorno e propagar a conscientização acerca das vantagens das construções sustentáveis. O selo reconhece, portanto, empreendimentos que implementam soluções mais eficientes no que concerne à construção, ao uso, à ocupação e a manutenção das edificações (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

A certificação Selo Casa Azul possui adesão voluntária e pode ser aplicada aos projetos de empreendimentos habitacionais submetidos à CAIXA para financiamento ou programas de repasse. Paralelamente à análise da viabilidade técnica do empreendimento, quando solicitada a participação na iniciativa, a CAIXA verifica, também, se o empreendimento atende aos critérios necessários estabelecidos pelo instrumento. Propriamente quanto às variáveis de análise, o selo dispõe de 53 critérios – alguns obrigatórios, e outros de livre escolha, os quais dividem-se em 6 categorias: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água, e Práticas Sociais, conforme o quadro resumo disposto no Anexo A deste trabalho (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

Desse modo, aos empreendimentos que cumprem apenas os critérios obrigatórios, é concedido a gradação Bronze do Selo Casa Azul; para os que atenderem também à 6 critérios de livre escolha, Prata; e aos que atingirem 12 critérios de livre escolha, Ouro. Ressalta-se ainda que, na gradação Bronze, há um limite do valor de avaliação da unidade

habitacional, conforme o município em que está localizado – se esse for ultrapassado, é preciso que o empreendimento atenda, minimamente, os requisitos do nível Prata. Ao obterem o Selo Casa Azul, os empreendimentos podem utilizá-lo para publicidade e, após a conclusão da obra, instalar uma placa metálica no local, indicando o nível (Bronze, Prata ou Ouro) atingido na certificação – complementarmente, a CAIXA também faz a divulgação desses projetos (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

Tendo em vista que o estudo de caso desse trabalho é uma residência unifamiliar e o escopo da análise gira em torno de medidas e soluções de menor impacto ambiental, uma parcela dos critérios do Selo Casa Azul não seria aplicável, uma vez que, como descrito anteriormente, ele foi desenvolvido para empreendimentos habitacionais e, além do aspecto ambiental, visa também o social. Muitos dos critérios da certificação referem-se a medidas a serem adotadas em empreendimentos habitacionais em regimes condominiais (e para o estudo de caso, esse limita-se apenas as soluções dentro do lote), além dos que abordam questões no sentido da qualidade de vida da população que habita o empreendimento e seu entorno (como na categoria “Qualidade Urbana”), e os que dizem respeito à práticas sociais – que, inclusive, nomeia uma das seis categorias do selo.

Todavia, ainda assim, o selo apresenta diversos critérios que poderiam ser aplicados, mesmo que parcialmente ou com ressalvas, às edificações unifamiliares. Em particular, para o estudo de caso, das seis categorias do selo, três delas apresentam critérios que são mais compatíveis com o escopo do trabalho. Na categoria Projeto e Conforto, os critérios mais aplicáveis a esse trabalho seriam: Paisagismo, Flexibilidade de projeto, Desempenho térmico – vedações, Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos, e Adequação as condições físicas do terreno. No caso da categoria Eficiência Energética: Lâmpadas de baixo consumo, Sistema de aquecimento solar, Eletrodomésticos eficientes, e Fontes alternativas de energia. Na categoria Gestão de água: Dispositivos economizadores – bacia sanitária, Dispositivos Economizadores – arejadores, Aproveitamento das águas pluviais e Áreas permeáveis. Destaca-se também o critério Madeira plantada ou certificada, da categoria Conservação de Recursos Materiais. Além disso, cabe ressaltar que, de modo geral, os critérios de avaliação do selo podem ser utilizados como norteadores para a adoção de práticas mais sustentáveis nas edificações unifamiliares, mesmo que alguns não sejam aplicáveis por estarem além dessa esfera.

2.5.2 QUALIFICAÇÃO QUALIVERDE

A qualificação Qualiverde surge como uma iniciativa da Prefeitura do Rio de Janeiro, com o objetivo de incentivar as edificações que incorporam práticas e ações sustentáveis de menor impacto ambiental, por meio da concessão de benefícios. Instituída pelo Decreto

nº35.745, de 06 de junho de 2012, a qualificação é opcional e aplica-se tanto para projetos de novas edificações, quanto para as já existentes, sejam elas residenciais, comerciais, mistas ou institucionais (RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO), 2012a).

Há duas classificações possíveis, obtidas através de um sistema de pontos, sendo preciso somar, no mínimo, 70 pontos para ser classificado como “Qualiverde”, e 100 pontos para atingir classificação “Qualiverde Total”. Para isso, a qualificação estabelece, por meio do referido Decreto, 31 ações e práticas sustentáveis, divididas em três categorias: Gestão de água, Eficiência energética e Projeto, havendo também outras 5 bonificações, conforme o quadro de descrição apresentado, em sua versão original, no Anexo B do presente trabalho. À cada uma delas, tem-se um determinado número de pontos correspondentes. Ressalta-se que, diferentemente do Selo Casa Azul, não existem ações ou práticas obrigatórias – contanto que seja atingida a pontuação necessária, há liberdade para escolher as que melhor se adequem à edificação. Como estabelecido pelo Decreto nº 35.745, a análise para obtenção da qualificação é feita por representantes das Secretarias Municipais de Urbanismo e de Meio Ambiente, e as edificações qualificadas têm tramitação prioritária no licenciamento. Constará, também, na certidão de habite-se que a edificação foi feita em conformidade com a qualificação, indicando a classificação obtida (RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO), 2012a).

Embora ainda esteja em tramitação na Câmara Municipal do Rio de Janeiro, o Projeto de Lei nº 1.415/2012 estabelece benefícios fiscais aos empreendimentos que possuem a qualificação, propondo descontos ou isenção sobre os seguintes impostos: ISS (Impostos sobre Serviços de Qualquer Natureza), ITBI (Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis) e IPTU (Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana). Assim, caso seja sancionado, no que concerne ao ISS, a alíquota referente aos serviços executados durante a obra será de 1,5% para as edificações com a qualificação Qualiverde, e 0,5% para as com Qualiverde Total. Tanto sobre o IPTU durante a fase da construção, quanto sobre o ITBI, para as classificações Qualiverde e Qualiverde Total, haverá, respectivamente, desconto de 50% e isenção – aplicáveis por, no máximo, dois anos no caso do IPTU, e uma única vez para o ITBI. Por fim, tratando-se do IPTU após o habite-se, o desconto para as edificações classificadas como Qualiverde será de 10%, e para as Qualiverde Total, de 20% – nesses casos, o benefício estende-se por 3 anos, havendo possibilidade de renovação após a reavaliação da edificação perante a qualificação (RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO), 2012b). Na mesma perspectiva, há, também, o Projeto de Lei Complementar nº 88/2012, que propõe benefícios edilícios aos empreendimentos com a qualificação, como, por exemplo, a isenção das áreas de varandas e jardineiras no cômputo da Área Total Edificável - ATE (RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO), 2012c).

Apesar de a certificação estar em vigor desde 2012, nos primeiros quatro anos de vigência, apenas três construções foram qualificadas. Nesse sentido, tendo em vista que os benefícios fiscais e edícios são um dos seus principais atrativos da qualificação (se não o maior deles), para que o programa tenha maior adesão, é necessário que os referidos projetos de lei sejam aprovados na Câmara Municipal. Todavia, embora não existam impedimentos legais que justificariam essa estagnação, não há indícios de andamento no processo (MIRANDA et al., 2017).

No que concerne propriamente ao estudo de caso desse trabalho, em comparação ao Selo Casa Azul, a qualificação Qualiverde se adequaria mais à análise que será desenvolvida. Diferentemente da certificação da CAIXA, que foi elaborada para empreendimentos habitacionais e que possui critérios visando também o aspecto urbanístico e social, a qualificação Qualiverde é mais abrangente quanto à tipologia das edificações (residenciais, comerciais, condomínios, etc.), e tem o cerne de suas preocupações focado na redução dos impactos ambientais, além de permitir maior flexibilidade na escolha das práticas. Devido a esses fatores, há um maior número de critérios que seriam aplicáveis à edificação do estudo de caso. Ressalta-se, entretanto, que, por ter sido desenvolvida para a cidade do Rio de Janeiro, há critérios que são baseados nessa localidade, como por exemplo “vedações adequadas à zona bioclimática 8” – todavia, pode-se considerar a adequação à zona bioclimática cabível para cada caso (para esse trabalho, seria a zona bioclimática 4). Por contemplar edificações de vários tipos, há critérios destinados às edificações comerciais, institucionais e condomínios residenciais, como por exemplo “implantação de bicicletários e estrutura de apoio”, dentre outros, que não seriam cabíveis à uma edificação unifamiliar, mas que possibilitam essa abrangência de uma variedade maior de construções.

Com isso, conclui-se a Revisão Bibliográfica, que procurou contemplar, dentro do recorte estabelecido (água, conforto ambiental na edificação e energia), as medidas e soluções de menor impacto ambiental, bem como abordar as certificações de qualificação, de modo a fornecer embasamento para a análise desenvolvida no estudo de caso.

3. ESTUDO DE CASO: CARACTERIZAÇÃO

3.1 APRESENTAÇÃO

O estudo de caso refere-se a uma edificação residencial unifamiliar – localizada no condomínio Parque Itaipu, no município de São Carlos-SP, que teve como premissa a adoção de soluções que minimizassem seu impacto ambiental. Na Figura 4, é possível identificar a delimitação do condomínio.

Figura 4: Delimitação Parque Itaipu

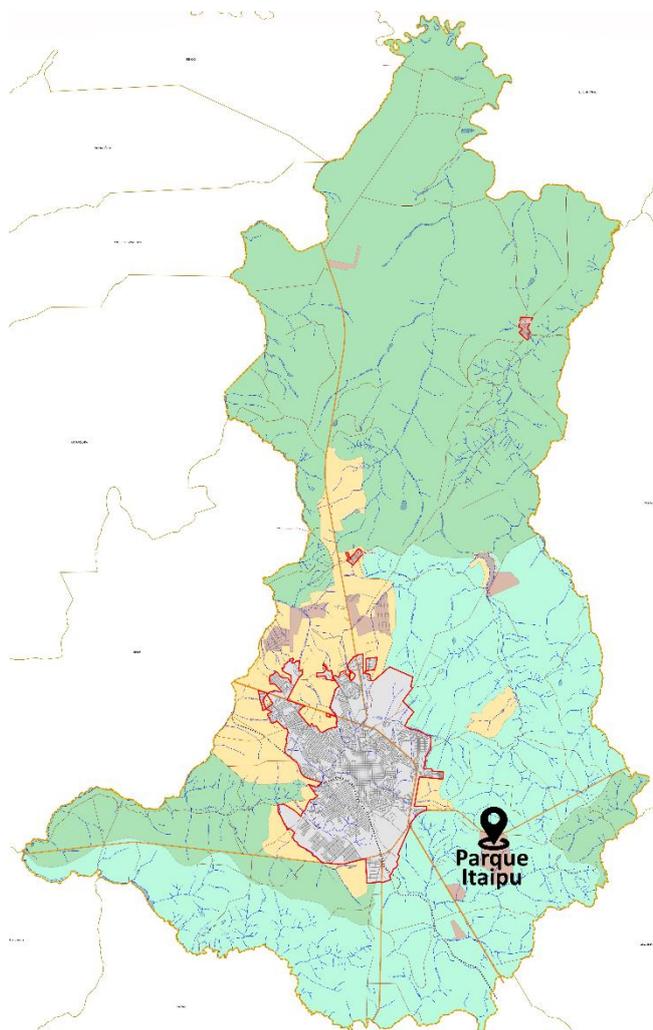


Fonte: Adaptado de Google Maps (c2020).

Segundo o Plano Diretor de São Carlos (SÃO CARLOS, 2016a), o Parque Itaipu faz parte da Macrozona Urbana, porém, trata-se de um loteamento isolado. Assim como ocorre em outros municípios, em São Carlos, há uma área urbanizada, interna ao perímetro urbano, e núcleos urbanos isolados dispersos na área rural, notadamente nos cinturões mais próximos à mancha urbana consolidada. A Figura 5 ilustra essa condição de

localização do Parque Itaipu em relação à área urbana interna ao perímetro (delimitado pelo traço vermelho).

Figura 5: Macrozoneamento de São Carlos (SP) – localização Parque Itaipu



Fonte: Adaptado de São Carlos (2016b).

De acordo com o embasamento legal que rege o parcelamento do solo urbano, esse tipo de empreendimento se destina a fins urbanos, ou que complementa as atividades urbanas. No estado de São Paulo, as propriedades rurais, para fins agrícolas, têm dimensão mínima de 20.000 m². Sendo assim, o estudo de caso se refere a uma propriedade que configura um lote de 5.000 m² interno a um loteamento de chácaras de recreio. Os lotes possuem dimensões superiores ao usualmente praticado nos condomínios residenciais que têm proliferado nas franjas urbanas.

Nesse sentido, ainda segundo o Plano Diretor do município (SÃO CARLOS, 2016a), o Parque Itaipu está localizado em uma Área Consolidada Isolada inserida na Zona 8B - Zona de Proteção e Ocupação Restrita do Manancial do Ribeirão Feijão, e para as chácaras de recreio nesse zoneamento, o referido instrumento estabelece que a área mínima de cada

lote deve ser 3.000 m². Entretanto, os lotes do condomínio possuem área de, no mínimo, 5.000 m² – sendo essa a área do lote do estudo de caso, o qual possui 70m de testada e 71,5m de profundidade.

A construção da edificação foi concluída no final de 2019, e tanto o projeto, quanto a execução da obra, foram de responsabilidade do escritório Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia. Suas propostas adotam práticas alinhadas à perspectiva de maior sustentabilidade, comprometidas com procedimentos e técnicas que levam em consideração as dimensões socioambientais. Situado em São Carlos-SP, o escritório também valoriza o diálogo e o fluxo de conhecimentos com os clientes e colaboradores, buscando a melhor solução para cada situação (IPÊ AMARELO ARQUITETURA E ENGENHARIA, c2016).

Pela particularidade do contexto em que este trabalho está sendo desenvolvido, impossibilitando a visita presencial no estudo de caso, como indicado na metodologia, para apresentação da casa e soluções empregues, foi realizada uma chamada de vídeo, através da ferramenta *Skype*, no qual um dos proprietários da casa, que é engenheiro civil e também professor universitário no curso de engenharia, fez uma apresentação virtual, mostrando e comentando as soluções e medidas adotadas.

3.2 DOCUMENTAÇÃO

Visando proporcionar maior subsídio ao estudo de caso, os proprietários da casa disponibilizaram documentos de projeto, os quais, em conjunto com a apresentação da edificação por chamada de vídeo, possibilitam a visualização e estudo das soluções adotadas e, também, a comparação do que foi projetado e o que de fato foi executado de acordo com o projeto, no que concerne às soluções de maior sustentabilidade, com enfoque no aspecto ambiental.

Foram fornecidos os projetos executivos de arquitetura, fundações e estruturas de concreto, alvenaria estrutural, layout elétrico, projeto de instalações elétricas e hidrossanitárias, e o estudo 3D de alguns dos ambientes da casa (para visualização de como iria ficar após pronta), todos elaborados pelo escritório Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018).

Assim, listando os documentos disponibilizados, foi sintetizado o quadro abaixo (Quadro 1):

Quadro 1: Documentos de projeto

Tipologia	Título / Conteúdo	Folha
Projeto executivo de arquitetura	Planta Pavimento Térreo	01/07
	Planta Ático e Terraço Descoberto	02/07
	Planta Cobertura	03/07
	Planta de Terraplanagem	04/07
	Fachadas 01, 02 e 03 e Detalhe 06	05/07
	Cortes AA, BB e CC	06/07
	Cortes DD, EE, GG e Fachada 04	07/07
Projeto executivo de fundações e estruturas de concreto	Planta de forma da fundação	001
	Planta de cobertura e armações	002
	Armações e vigas V106 à V115	003
	Armações e vigas V116 à V128	004
Projeto executivo de alvenaria estrutural	Planta de fiadas e detalhes	01/02
	Planta de 1° fiada	02/02
Layout elétrico	Sugestão de luminárias	01/02
	Planta de comandos e tomadas	02/02
Projeto de instalações elétricas	Layout elétrico	01/04
	Planta elétrica - Implantação, térreo e ático/terraço	02/04
	Planta telecomunicações e lista de materiais	03/04
	Quadros, diagramas e lista de materiais	04/04
Projeto de instalações hidrossanitárias	Instalações hidráulicas - Implantação	01/06
	Instalações hidráulicas - Térreo	02/06
	Instalações hidráulicas - Ático	03/06
	Instalações hidráulicas - Cortes e Isométricas	04/06
	Instalações sanitárias - Planta e Detalhes	05/06
	Instalações sanitárias - Cobertura e lista de materiais	06/06
Estudo 3D dos ambientes	Estudos 3D dos ambientes: sala de estar, cozinha, lavanderia, banheiro suíte, banheiro social	11 capturas

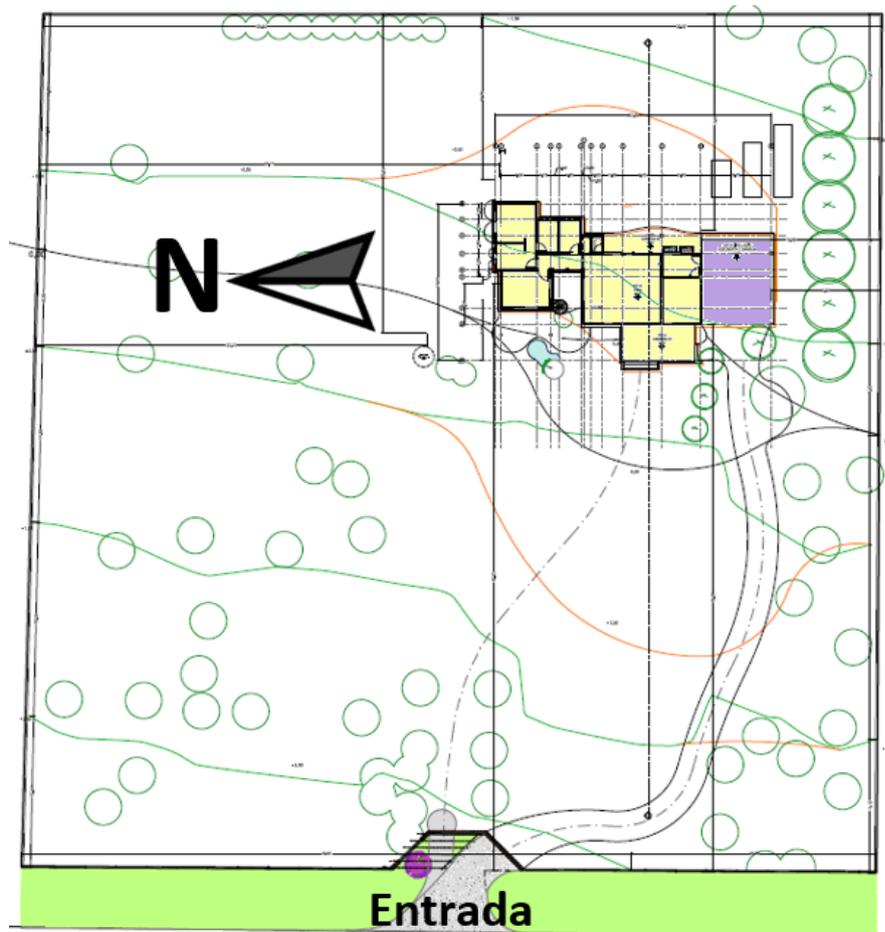
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com isso, no estudo das soluções adotadas na referida edificação, em comparação com as variáveis de análise, referencial teórico e certificações, no que for pertinente, os documentos listados serão comentados.

3.3 A EDIFICAÇÃO – POSICIONAMENTO NO LOTE

A identificação do posicionamento da edificação no lote e também dos pontos cardeais é fundamental para a análise subsequente. A Figura 6, adaptada da Planta de Terraplanagem (na qual é possível identificar esse posicionamento), traz a representação esquemática da edificação no lote – onde a hachura em amarelo demarca o perímetro construído e, em roxo, o pergolado da garagem; e indica a direção norte.

Figura 6: Planta de implantação geral da edificação no lote



Fonte: Adaptado de Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Outro aspecto importante para entendimento das ponderações feitas na análise é o conhecimento da forma e contorno da edificação, e também distribuição dos ambientes – as Figura 7 e Figura 8, que representam, respectivamente, as plantas do pavimento térreo e da cobertura da edificação, auxiliam nessa compreensão. Como é possível verificar através delas, a casa conta com uma suíte, um escritório/quarto, banheiro, sala de estar e de jantar, cozinha, depósito interno e externo e lavanderia. Além da parte construída, há espaços semiabertos, como as duas varandas (à leste e oeste) no pavimento térreo, e os pergolados na garagem e na faixa frontal ao escritório. Na cobertura, há um terraço e, também, uma laje destinada à implantação de um telhado verde.

Ainda quanto à cobertura, sobre a laje dos dois banheiros, tem-se o ático, que abriga o reservatório de água da edificação e também o boiler. O terraço posiciona-se acima do escritório/quarto, e a laje para o telhado verde, sobre o corredor. Referente ao telhado, como observa-se na Figura 8, os planos de água são voltados para leste, norte e oeste, não havendo plano voltado ao sul.

Encerrando esse tópico com as indicações a respeito da configuração da edificação, no próximo capítulo tem-se a apresentação das variáveis de análise e a discussão acerca das medidas e soluções de menor impacto ambiental projetadas e incorporadas na edificação.

4. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS DE ANÁLISE

Na revisão bibliográfica, foram compiladas as soluções e medidas de menor impacto ambiental, em termos de gestão água, conforto ambiental na edificação e energia. Nesse processo de consultas a diferentes fontes de referências, também foram selecionadas as certificações Selo Casa Azul e Qualiverde, na expectativa de se ampliar a compreensão no que concerne aos critérios utilizados nesses programas dirigidos à aplicação prática. Desse modo, busca-se, também, além de um repertório mais teórico, adicionar experiências voltadas à operacionalização de referenciais aplicáveis ao estudo de caso.

Com esses subsídios e também considerando as particularidades e o contexto da edificação do estudo de caso, foram definidas as variáveis que servem como guia para a análise qualitativa no que concerne à adoção e incorporação das soluções de menor impacto ambiental, conforme ilustrado no Quadro 2. Divididas em três categorias: Água, Conforto Ambiental na Edificação, e Energia, a partir de cada uma das variáveis, serão analisadas e discutidas as formas de sua incorporação na edificação, tendo a revisão bibliográfica como referencial e base conceitual.

Quadro 2: Variáveis de análise do estudo de caso

(continua)

Variáveis de Análise	
Água	Aparelhos e dispositivos economizadores
	Sistema de reuso das águas cinzas
	Aproveitamento das águas pluviais
	Sistema de tratamento do esgoto
	Soluções para retenção das águas pluviais no lote
Conforto Ambiental na Edificação	Posicionamento e orientação da edificação no lote, iluminação e ventilação natural
	Sombreamento
	Vedações - conforto térmico
	Resfriamento evaporativo

Quadro 2: Variáveis de análise do estudo de caso

(conclusão)

Variáveis de Análise	
Conforto Ambiental na Edificação	Uso de materiais alternativos e de reaproveitamento
	Uso de madeira certificada
	Vegetação e Paisagismo
	Telhado verde
Energia	Fontes alternativas de energia <i>Energia solar fotovoltaica</i>
	Sistema de aquecimento solar de água
	Equipamentos eficientes <i>Lâmpadas LED, eletrodomésticos com selo Procel</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A apresentação, discussão e análise das soluções empregues na edificação estão dispostas nos tópicos seguintes, ordenados conforme as categorias e variáveis de análise relacionadas no Quadro 2.

4.2 ÁGUA

4.2.1 APARELHOS E DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES

No que concerne aos aparelhos e dispositivos economizadores, verificou-se que, na casa, não foram utilizados aparelhos de maior eficiência no sentido de redução do volume de água consumido. Para as bacias sanitárias, uma das alternativas, amplamente empregue atualmente, seria o uso aparelhos dual flush (com opção de dois volumes para descarga). Todavia, conforme foi apresentado pelo proprietário na chamada de vídeo de apresentação da edificação, visando também um outro aspecto da sustentabilidade, foram compradas louças sanitárias usadas para os banheiros, com caixa acoplada e apenas uma opção de acionamento para descarga. Apesar disso, embora haja apenas um acionamento, com o tempo, os usuários aprenderam a controlá-lo, aumentando ou reduzindo o volume de água utilizado através de um acionamento completo ou parcial do botão acionador, conforme a necessidade – mas ainda assim, considera-se a baixa eficiência nesse aspecto.

Um ponto a ser considerado é que, mesmo sem o sistema dual flush, foram utilizadas bacias sanitárias com caixa acoplada que, em comparação com bacias com válvula de descarga na parede (sem caixa acoplada), possuem menor pressão de água, reduzindo também o consumo. Além disso, como a caixa acoplada precisa ser enchida a cada uso da descarga e o volume é restringido à essa capacidade, reduz-se a ocorrência de descargas desnecessárias, como pode acontecer com o sistema de válvula na parede, no

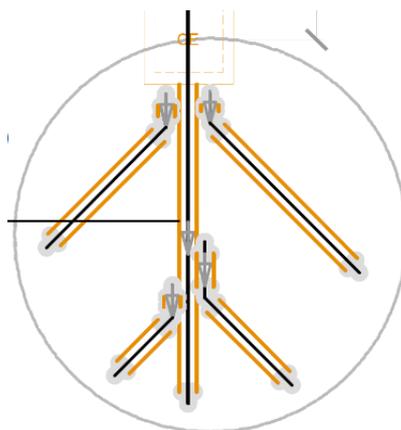
qual os usuários possuem maior controle sobre o fluxo a ser usado – podendo, inclusive, acionar a válvula sequencialmente e também por mais tempo, o que leva à um maior consumo de água.

Outro tipo de dispositivo que auxiliaria na redução do volume de água utilizado, nesse caso, para as torneiras, são os dispositivos arejadores. Entretanto, não foram empregues na edificação. Assim como as louças sanitárias, os metais do banheiro e cozinha, incluindo as torneiras, conforme descrito nos projetos, foram comprados de outra obra. Muitos modelos vendidos atualmente já vêm com os arejadores, contudo, caso seja notada necessidade pelos proprietários, também é possível comprá-los separadamente e instalá-los nas peças já utilizadas na casa. Poderiam ser utilizados também os redutores de vazão, que são dispositivos com baixo custo financeiro, em formato de anel (reduzindo a seção transversal da passagem de água), colocados na junção entre o encanamento e o equipamento (torneiras, chuveiros ou duchas), diminuindo o consumo de água por limitar a vazão.

Nota-se, portanto, uma certa compensação em termos ambientais – apesar de as bacias sanitárias não serem tão eficientes em termos de consumo de água (por meio de opções no volume de descarga), o emprego de peças usadas reduz todo o consumo material que havia no caso de terem comprado novos. A mesma consideração vale para os dispositivos arejadores – embora, nesse caso, haja a possibilidade de adquiri-los e instalá-los como anexos às torneiras já empregues, assim como os redutores de vazão, podendo ser aplicáveis também nas duchas. Ressalta-se, também, neste tópico, que o consumo de água também está diretamente ligado à consciência ambiental dos usuários – os equipamentos e dispositivos economizadores diminuem a influência do uso dos usuários no consumo de água, mas, para usuários com uma maior preocupação em termos de sustentabilidade, o consumo pode ser controlado.

4.2.2 SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS

No que concerne às águas cinzas, a solução adotada na edificação foi a infiltração em dois pontos no terreno. As águas cinzas provenientes dos chuveiros e pias dos banheiros são infiltradas próximo ao pomar (direção noroeste), e as oriundas da cozinha e lavanderia, do outro lado (direção sudoeste). Ao final de cada um dos condutores que levam às áreas de drenagem, há uma caixa de inspeção de esgoto simples, e ramificação em cinco pontos para infiltração, como é possível verificar na Figura 9.

Figura 9: Detalhe em planta - drenagem de águas cinzas

Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

O sistema não possui nenhum tipo de tratamento e/ou reservação. Não há propriamente um sistema de reuso – por exemplo, para as bacias sanitárias, que demandaria, impreterivelmente, o tratamento e armazenamento. As águas cinzas colaboram, por tanto, essencialmente à absorção das plantas e retorno ao ciclo por infiltração no solo – o que se justifica e é adequado pela extensão e características do lote. Nos períodos mais secos (nos quais também não se poderia contar, por exemplo, com o aproveitamento das águas pluviais), com o sistema de infiltração empregue, se consegue reduzir o uso de água potável para rega, que é uma atividade que não demanda esse grau de qualidade.

Conforme averiguado na revisão bibliográfica, para alguns autores, a água residuária da cozinha não deveria ser reutilizada junto à água das pias e chuveiros, por exemplo, devido à concentração de compostos orgânicos, necessitando de um tratamento mais intensivo. No sistema usado na edificação do estudo de caso, há uma separação no sentido de infiltração em locais diferentes, conforme descrito no primeiro parágrafo deste tópico, mas ainda assim, não há nenhum tipo de tratamento e a destinação de ambas é a mesma – a drenagem/infiltração (apenas em locais diferentes). Cabe destacar, entretanto, que as águas residuárias da cozinha passam por uma caixa de gordura antes de serem infiltradas, retendo a gordura – o que também previne obstruções no encanamento.

Ainda no quesito de tratamentos, um aspecto a considerar é que não há o manejo por pessoas (ou contato) dessas águas cinzas, como haveria, por exemplo, caso fossem utilizadas para regar as plantas, ao invés de absorção. Pontua-se, ainda, que a ausência de tratamento, conforme notado pelos proprietários, não está prejudicando as árvores – o que ocorre, na realidade, é o oposto disso, tendo em vista que perceberam um aumento na produtividade das árvores frutíferas que estão próximas à infiltração das águas cinzas provenientes dos lavatórios e chuveiros dos banheiros. Mesmo para as águas cinzas

oriundas da cozinha e lavanderia, com maior carga orgânica, notaram que a grama do entorno está mais verde e alta e o abieiro produzindo mais.

Dessa forma, esse sistema contribui principalmente no sentido de reduzir o volume que é destinado ao sistema de tratamento de esgoto, e não propriamente ao reuso conforme o que é usualmente considerado nas certificações – embora possa ser feita a consideração de que a absorção reduz a necessidade de rega das plantas (o que, conseqüentemente, diminui a demanda por água tratada). Pela Qualificação Qualiverde, por exemplo, na prática de sistema de reuso de águas servidas, seria necessário o tratamento, reservação e uso nas bacias sanitárias. Nesse caso, levando em conta que o terreno da edificação apresenta uma área vegetada mais extensa do que as das edificações usualmente encontradas no perímetro urbano, a infiltração é mais eficiente em termos ambientais do que propriamente o reuso, por exemplo, nas descargas das bacias – que demandaria todo um sistema de tratamento e armazenamento. Pontua-se a questão de que as certificações acabam tendo critérios mais voltados às edificações inseridas em áreas mais adensadas, muitas vezes não levando em conta soluções que são mais aplicáveis às edificações com características similares às do estudo de caso. A equiparação das medidas com o contexto é importante para que se consiga, de fato, uma redução (ou até eliminação) dos impactos causados. Assim, apesar de não se enquadrar exatamente como reuso, essa forma de destinação nitidamente tem contribuições em termos ambientais.

4.2.3 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O aproveitamento das águas pluviais na edificação ocorre pela coleta de apenas uma das águas do telhado – a da face leste, voltada ao fundo da casa. Nesse telhado, foi empregue telha cerâmica, com inclinação de 35%, e há uma calha intermediária posicionada na terceira fiada, de baixo para cima. A superfície, pelo projeto, totaliza 35m², mas a área de captação de água, que se estende até a calha, conta com aproximadamente 25m². Da referida calha, a água da chuva é conduzida até um tanque de armazenamento com capacidade de 400L. O tanque, de polietileno de alta densidade, foi comprado pronto, a partir do reaproveitamento de um recipiente utilizado para o armazenamento de azeitonas. Para impedir a entrada de resíduos maiores, como folhas, insetos, etc., utiliza-se uma tela de proteção – todavia, ela não filtra partículas menores. Dessa forma, a água armazenada acaba tendo menor limpidez, ainda que haja o mecanismo para descarte do volume inicial de chuva. Ocorre também a sedimentação de particulados no fundo do reservatório, o que demanda limpeza frequente.

Assim, percebe-se que se trata de um sistema menor e simplificado, com uso mais voltado à rega de vegetação, e menos frequentemente, para lavagem de piso externo.

Apesar do sistema previsto em projeto (para o futuro) possibilitar um maior aproveitamento das águas pluviais e, conseqüentemente a redução da demanda por água tratada, ele teria um custo elevado e precisaria de um sistema de tratamento/filtro e utilização de bomba – o que, considerando que a casa possui energia fotovoltaica, em termos de consumo de energia, não seria um problema, mas demandaria manutenção. Tem-se também a questão do volume de água pluvial que seria, de fato, demandado. Considerando que, para a rega de plantas e lavagem de piso o sistema atual (armazenamento pelo tanque) poderia ser aumentado, o uso de um sistema mais sofisticado ficaria mais restrito às bacias sanitárias.

Dessa forma, percebe-se que, pela demanda dessa água e o custo de implantação, o sistema de armazenamento com cisterna poderia não ser tão aplicável, sendo esse um aspecto que também deve ser levado em conta nas soluções sustentáveis – embora o enfoque deste trabalho seja mais na esfera ambiental, há também outros aspectos a serem considerados, como, nesse caso, a sustentabilidade econômica. Tratando-se de um lote grande, o aumento da capacidade de armazenamento com o uso de mais tanques, mesmo que ocupasse mais espaço, não seria um empecilho a ser considerado, visto a abundância de espaços externos para viabilizar tal solução.

4.2.4 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Conforme descrito no item de *Sistema de reuso de águas cinzas*, há uma separação entre as águas residuárias – as águas cinzas, nesse caso, considerando às águas oriundas das pias, chuveiro, cozinha e lavanderia, são infiltradas diretamente, sem tratamento. As águas negras (para o presente trabalho, adotado como definição de águas provenientes das bacias sanitárias), por sua vez, são destinadas ao sistema de tratamento de esgoto da edificação.

Nesse caso, para as águas negras, foi empregue uma fossa séptica com infiltração no solo (valas de infiltração), à noroeste no lote. Nesse sistema, o tratamento ocorre via sedimentação e digestão na fossa séptica, e por retenção física e oxidação nas valas de infiltração. A fossa possui duas câmaras, em paralelo. Isso possibilita que, quando a que está em uso atingir sua capacidade, a outra passe a ser utilizada, permitindo um maior tempo para remoção do lodo da câmara cheia. Um pouco à frente da fossa, conectada a ela, há uma caixa de inspeção, da qual saem três tubulações horizontais, também enterradas, mas mais superficialmente (em comparação com outras soluções de infiltração). Assim, conforme o volume da fossa é preenchido, quando se atinge determinado nível, o efluente líquido sai para essa caixa de inspeção, e percorre as tubulações, infiltrando no solo.

A fossa é fechada com cinco placas pré-moldadas de concreto – ao centro, a maior é fixa, e há quatro outras que são móveis (nos cantos), caso necessário inspeção ou retirada do lodo, não havendo vedação entre elas. Como as placas estão expostas ao clima, com os raios solares, esquentam, e, nesse sentido, o fato de as frestas não serem vedadas colabora para a evaporação – o que também contribui com a lentificação do preenchimento da capacidade da fossa. Não há propriamente um sistema de ventilação na fossa, mas junto à edificação, da caixa de inspeção de esgoto simples (na qual chegam as tubulações das bacias sanitárias e sai a tubulação que leva até a fossa séptica) deriva uma tubulação para ventilação, à certa distância da casa.

Com a percolação do efluente líquido no solo através das valas de infiltração, além da umidificação do solo, tem-se também a fertilização das plantas. Dessa forma, a solução adotada consegue, além de impedir que o esgoto contamine o solo e lençóis freáticos, impactar positivamente no desenvolvimento da vegetação. No caso do condomínio Parque Itaipu, todas as edificações precisam, obrigatoriamente, ter fossas para o destino do esgoto, mas o modelo tradicionalmente adotado é o tanque séptico com poço de absorção, que seria uma solução que demanda menos área – embora também enterrado, o poço de absorção é um sistema vertical, o que por si só, já demanda mais recursos e esforços para implantação. No caso, como o lote é extenso, a solução das valas de infiltração apresenta-se como alternativa. Outros aspectos de destaque são a manutenção – por estar mais superficial, caso haja alguma intercorrência, seria facilitada nesse sistema mais horizontal (no que tange a parte do sistema referente à infiltração), e, também relacionado a isso, o baixo custo.

A fossa séptica, para o caso em específico, foi dimensionada com uma grande capacidade em relação ao que de fato é demandado. Usualmente, os proprietários não residem fixamente nessa casa, e, na maior parte do tempo, quando em utilização, a demanda decorre de apenas dois moradores. Assim, o volume a ser tratado é mínimo – considerando ainda que é destinado ao sistema de tratamento apenas as águas negras. Ressalta-se nesse âmbito a importância da separação das águas cinzas e negras, tanto para o reuso das águas cinzas (que demandam menos tratamento para esse fim), quanto pelo fato de que, com isso, reduz-se muito o volume a ser tratado como água negra – caso não houvesse a separação, todo o volume de águas residuárias seria destinado a fossa, o que faria com que enchesse muito mais rapidamente, decorrendo disso outros possíveis transtornos.

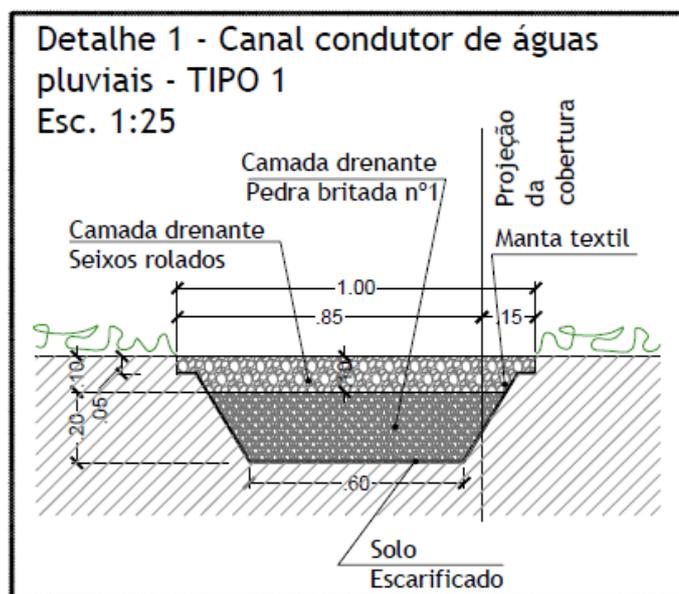
Apesar de, no caso específico do condomínio ser necessário o tratamento no lote, extrapolando para o caso de lotes em locais onde não há estações de tratamento de esgoto (ETE), o tratamento no lote (ou, se for o caso, para um conjunto deles) apresenta-se como

essencial à sustentabilidade, em todos os seus aspectos – ambiental, mas também social e econômico. Com isso, a solução adotada mostra-se efetiva e adequada ao que se propõe – observando-se que é uma solução com maior aplicabilidade em lotes maiores.

4.2.5 SOLUÇÕES PARA RETENÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO LOTE

Para a retenção das águas pluviais no lote, uma das soluções adotadas foi o uso de trincheiras de infiltração (nomeadas no projeto como canaletas coletoras). Na parte da frente da casa e lateral voltada à direção norte, a água cai dos beirais do telhado diretamente sobre as canaletas. Essas, conforme é possível observar na Figura 11, possuem largura superficial de 1m, e 30cm de profundidade – sobre o solo escarificado, está uma camada de manta geotêxtil, coberta por 20cm de pedra britada nº 1 e 10 cm de seixos rolados, sendo a seção transversal trapezoidal. Dessa forma, as canaletas retêm a água para que infiltre no solo. Associado a isso, ao final dessas canaletas foram colocados tubos que, em caso de exaustão da capacidade de infiltração do solo, levam o volume excedente à uma bacia de infiltração. A água pluvial oriunda do terraço é conduzida por um condutor vertical à essa tubulação, para chegar diretamente à essa bacia (posicionada ao noroeste no terreno).

Figura 11: Canaleta coletora modelo 1



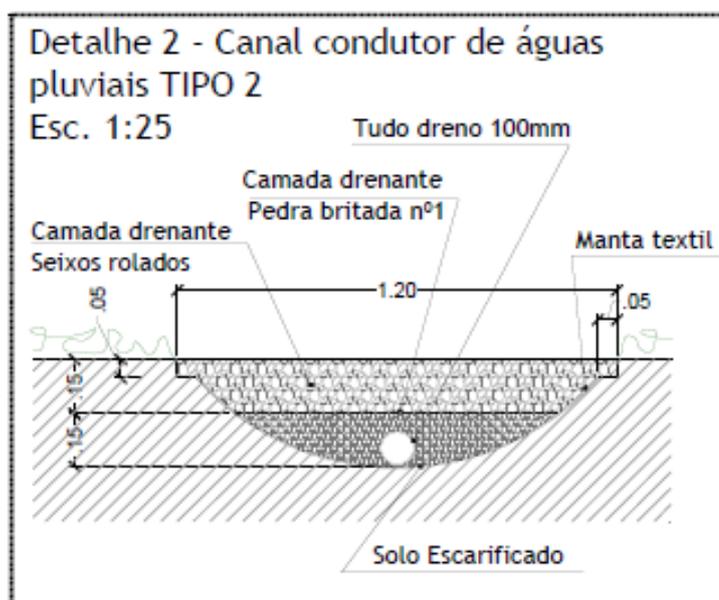
Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Já para o telhado da parte de trás da casa, que possui o sistema de aproveitamento de água pluvial (nesse caso, considerando-se o volume excedente da capacidade do tanque de armazenamento), para a laje onde está previsto o telhado verde e também a cobertura do ático, a água é escoada diretamente para tubos que a conduzem para outra bacia de infiltração (localizada na direção sudoeste do lote) – não há, portanto, infiltração no percurso

até chegarem a ela. Ainda que em menor escala, o aproveitamento das águas pluviais também auxilia nesse processo de retenção das águas pluviais no lote. Quando a capacidade do tanque de armazenamento é atingida, o extravasor direciona o excedente à tubulação que chega na bacia de infiltração.

Entre o fundo do terreno (que possui nível um pouco mais elevado) e a casa, há uma outra canaleta coletora, um pouco diferente da descrita anteriormente. Para esse caso, como demonstrado na Figura 12, a canaleta possui um tubo drenante, e as medidas também mudam – a largura na superfície é maior, possuindo 1,20m, e embora a profundidade seja a mesma (30cm), a distribuição dos materiais é feita em outra proporção: 15cm de pedra britada nº 1, e 15cm de seixos rolados, com seção transversal de forma mais circular. A água que chega ao tubo drenante também segue para a bacia de infiltração (na direção sudoeste do lote), junto à das partes descritas no parágrafo anterior.

Figura 12: Canaleta coletora modelo 2



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Dessa forma, a bacia de infiltração localizada ao noroeste recebe água somente se o solo das proximidades das canaletas coletoras exaure sua capacidade de infiltração (com exceção das águas pluviais do terraço que são destinadas diretamente a ela, sem infiltração no percurso). Em comparação com a bacia de infiltração situada na direção noroeste do terreno, a bacia de infiltração sudoeste tem uma maior sobrecarga pelas duas linhas de contribuição que recebe. A primeira, referente à contribuição direta das coberturas citadas – pela tubulação que descarrega diretamente nesse seu ponto (sem infiltração no percurso), e a segunda, da canaleta com tubo dreno da parte de trás da edificação. Com isso, enquanto

a bacia à sudoeste possui uma maior demanda, por ser mais requisitada, a situada ao noroeste fica mais restrita a excepcionalidades.

Outro aspecto que também colabora com a retenção das águas pluviais no lote é a presença de vegetação. Pela extensão do lote em comparação com a área impermeabilizada (essencialmente os telhados), percebe-se que o coeficiente de permeabilidade do lote é alto. Um ponto que também colabora para a sustentabilidade é que as próprias canaletas de infiltração formam caminhos de passagem, evitando a necessidade de pavimentação exclusiva para isso.

Assim, com as soluções adotadas, não ocorre escoamento superficial para o sistema viário, evitando contribuição para ocorrência de enchentes – todo o volume de água pluvial é absorvido no próprio lote, colaborando inclusive para a recarga dos lençóis freáticos e ciclos naturais da água.

4.3 CONFORTO AMBIENTAL NA EDIFICAÇÃO

4.3.1 POSICIONAMENTO E ORIENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO NO LOTE, ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAL

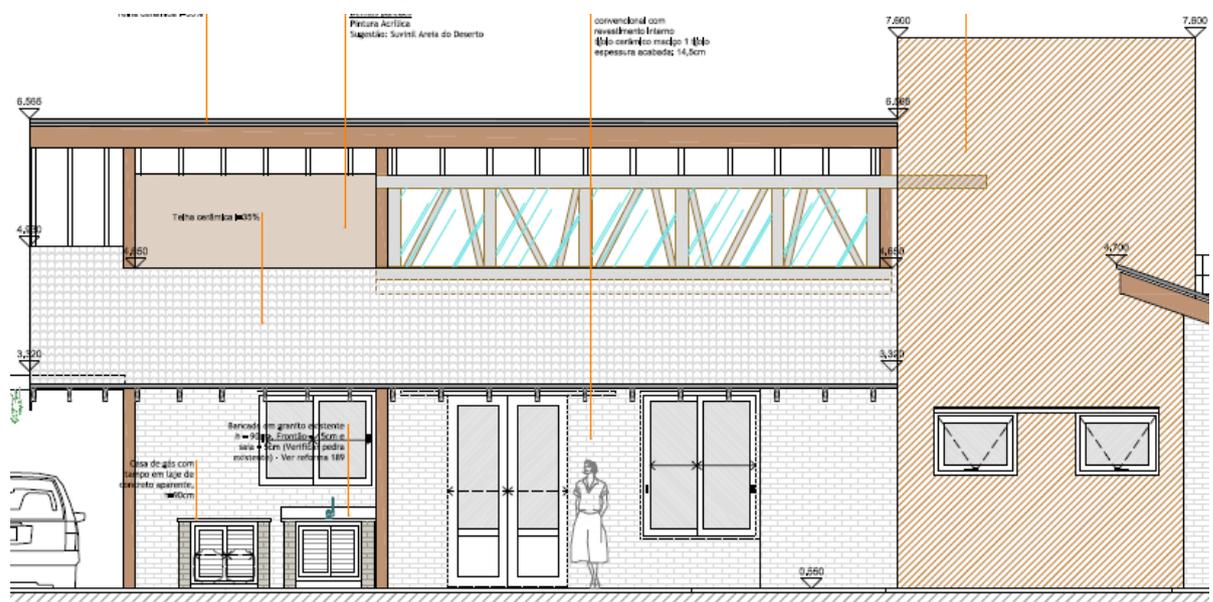
A edificação, conforme ilustrado no item 3.3 *A Edificação – Posicionamento no lote*, está localizada ao fundo do terreno, mais próxima às divisas leste e sul. No caso dessa direção sul, tem recuo de 8,94m. Como o terreno é extenso, até mesmo esse recuo, que é o menor de todos, apresenta grandes dimensões, especialmente se comparado aos padrões urbanos. A fachada da edificação é voltada à direção oeste, em paralelo com a frente do terreno – tendo em vista que o terreno tem 71,50m de profundidade e a casa está posicionada ao fundo, há uma maior distância e privacidade em relação ao movimento da rua.

Tratando-se propriamente do posicionamento dos cômodos em relação ao sol, a ser abordado pelas direções cardeais, como é possível observar na Figura 13, voltado à face sul, que é a orientação menos privilegiada nesse aspecto, tem-se a lateral do pergolado da garagem – sendo um aspecto positivo a incidência solar ser menor. Tanto na suíte, como no quarto/escritório, há paredes disponíveis para aberturas na direção norte, mas apenas a suíte tem as aberturas voltadas nessa direção – as janelas do quarto/escritório estão para oeste e sul. À leste, parte de trás da casa, estão os banheiros, depósitos, lavanderia, salas de jantar e estar. Vale observar que as salas têm aberturas para leste e oeste, embora sempre complementadas por varandas nessas duas faces.

verão. Por serem ambientes de permanência transitória, os banheiros, lavanderia e depósito não teriam tanta demanda por uma iluminação privilegiada – a varanda à leste, por sua vez, é um ambiente que se beneficia nesse ponto, por se tratar de uma área de convívio.

Ainda no âmbito da iluminação, um dos recursos utilizados e que traz um diferencial também estético à edificação é o shed voltado à face leste, estruturado em uma treliça de madeira e fechamento em vidro, sem aberturas, conforme ilustrado na Figura 14. Nesse caso, foi empregue sem inclinação, ou seja, segue o alinhamento da parede (ortogonal ao solo). Por estar voltado ao leste, o shed possibilita que o sol da manhã ilumine todo o ambiente das salas e também, com menor intensidade, a cozinha. Como a radiação nesse período é mais amena, os ganhos térmicos também são menores.

Figura 14: Fachada ilustrando shed



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Essa solução usualmente é empregue com aberturas para ventilação, funcionando como captador ou extrator de ar. Promove, especialmente em locais com ocupação mais densa, um maior condicionamento passivo pela circulação do ar (captação ou exaustão) através das aberturas na altura da cobertura. Para a edificação, o shed foi utilizado voltado à iluminação, tendo em vista que é fechado (não tem aberturas). No caso, por se tratar de um condomínio mais afastado do perímetro urbano, essa obstrução à passagem dos ventos, como ocorre, por exemplo, com os obstáculos dos centros urbanos, não seria um problema. Uma consideração que foi pontuada pelos proprietários durante a chamada de vídeo é a dificuldade para fazer a limpeza, pela altura.

Na cozinha, na parede voltada ao sul, há um trecho da vedação que foi feita com blocos de vidro (Figura 15), o que também contribui para entrada de luz natural no ambiente.

Além da janela voltada ao oeste, posicionada na frente da pia da cozinha, nessa mesma fachada, acima da viga de madeira (posicionada à altura de 2,50m), o fechamento foi feito com esquadrias de madeira e vidro, que são sombreadas pela cobertura da varanda.

Figura 15: Blocos de vidro da cozinha



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Abordando sobre as esquadrias, nas salas, há portas de correr envidraçadas que dão acesso às varandas, e janelas de vidro de correr em todas as paredes do ambiente. Na suíte, tem-se duas janelas de abrir – uma para o ambiente do closet, e outra para o dormitório propriamente, ambas na mesma face (norte) e possuindo, além das folhas de vidro, folhas de madeira. Para o escritório/quarto, conforme já comentado, as janelas ficam em faces perpendiculares (oeste e sul) e são também com folhas de vidro. No corredor, há duas esquadrias fixas em vidro, voltadas ao sul. Ambos os banheiros possuem janelas maxim-ar. Os depósitos (interno e externo) têm portas venezianas. A lavanderia conta com duas portas (uma para o acesso da garagem e outra dela para a cozinha), e também janela voltada ao leste.

A orientação das aberturas já foi comentada previamente, e o sombreamento será abordado no próximo item. Tratando-se propriamente da ventilação, para a zona bioclimática 4, o recomendado seriam aberturas médias, com área entre 15% à 25% da área do piso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15220-3, 2005). De modo geral, a casa possui aberturas grandes – para as salas por exemplo, sem considerar o shed (que não possui aberturas para ventilação), corresponderiam à quase 50% da área do piso. Entretanto, uma consideração a ser feita para as janelas de correr, que para esse caso, possuem apenas duas folhas, seria que a área de abertura máxima para ventilação é a correspondente à uma folha somente. Outro aspecto a ser computado é que o modelo de

correr também possibilita maior precisão na escolha da amplitude da abertura para ventilação.

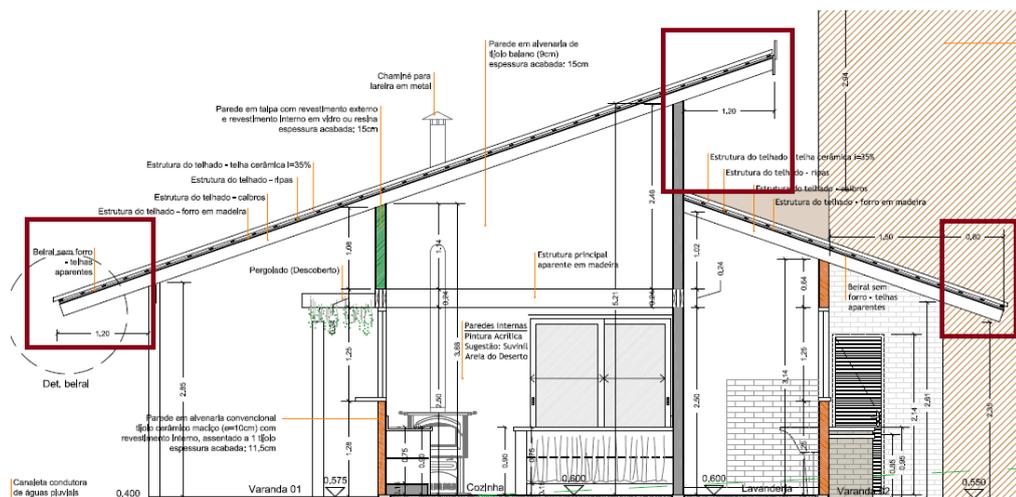
Nas salas e cozinha (considerando que são ambientes integrados), a disposição de aberturas nas diferentes paredes (direções norte, oeste e leste) favorece a circulação do ar em diferentes combinações – passando por paredes opostas ou adjacentes, por exemplo, a depender da escolha de quais estarão abertas. Essa consideração estende-se também à casa como um todo. A ventilação seletiva, que também é uma recomendação da NBR 15220-3:2005 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) para a zona bioclimática 4, auxilia no conforto térmico, sendo uma estratégia a ser utilizada nos momentos em que a temperatura interna for maior que a do ambiente externo.

No capítulo 5. *Entrevistas*, será verificado com os proprietários, pela experiência pós-ocupação, se há alguma consideração a respeito do conforto lumínico e térmico (complementada pela análise também das vedações e outras estratégias passivas).

4.3.2 SOMBREAMENTO

O sombreamento nas aberturas é uma das soluções bioclimáticas recomendadas para o zoneamento bioclimático 4, no qual está inserida a edificação. Os telhados da edificação possuem beiral de, no mínimo, 80cm. Para as faces leste e oeste, os telhados cobrem os ambientes das varandas e, ao final delas, se estendem, em projeção horizontal, por mais 1,20m no da face oeste (a cobertura também se prolonga nessa mesma medida após o shed), e 0,80m na varanda da face leste, conforme identificado na Figura 16.

Figura 16: Beirais das varandas e shed

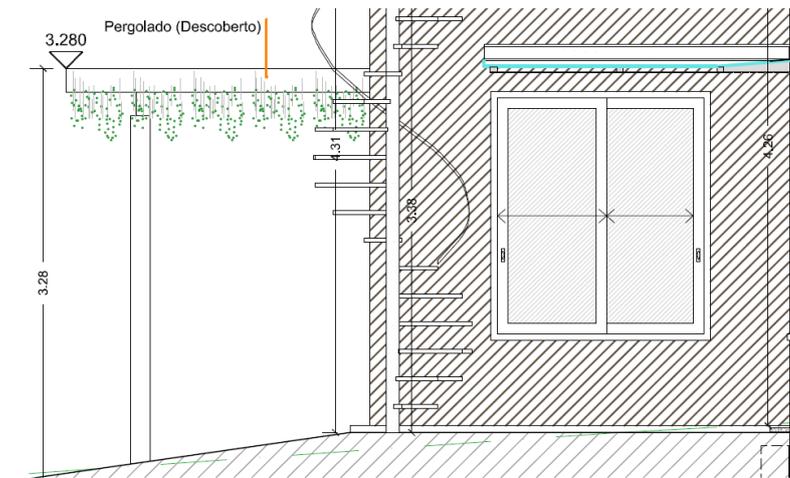


Fonte: Adaptado de Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Para o quarto/escritório, que está sob o terraço, o pergolado frontal à janela oeste foi adotado como solução para sombreamento horizontal, como recurso de atenuação da

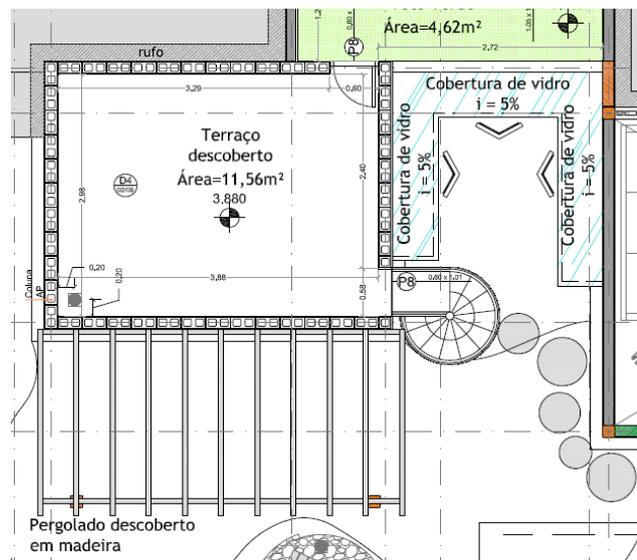
radiação da face oeste, principalmente se for complementado por vegetação. A Figura 17 mostra o pergolado que protege a janela oeste e ilustra, também, a janela voltada para o sul. Vale observar que, para essa janela voltada à face sul, assim como às aberturas do corredor voltadas à face oeste e abertura da sala voltada à face norte, foram empregues cobertura de vidro, como é possível observar na Figura 17, em corte, e na Figura 18, em planta. A estrutura de madeira que segura o vidro também colabora, ainda que em menor grau, pela transparência do vidro, para o sombreamento.

Figura 17: Soluções para sombreamento – em corte



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Figura 18: Soluções para sombreamento – em planta



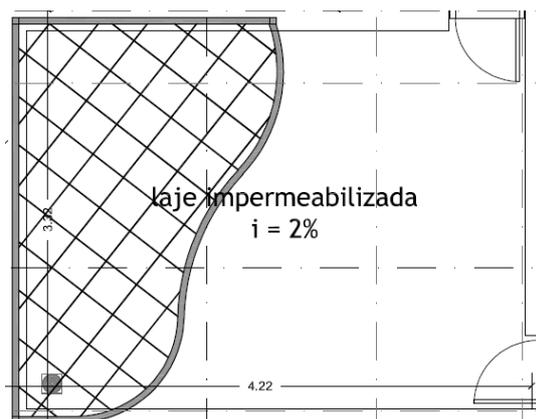
Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Dessa forma, as soluções adotadas em projeto para o sombreamento das aberturas foram compostas por elementos horizontais. Em ambas as janelas do quarto/escritório, foi necessária a colocação de persianas de tecido (elemento vertical), pela luminosidade intensa – no caso da janela voltada ao sul, o recurso foi implementado para dar maior

privacidade e reduzir a claridade no dormitório no período da manhã, pela interferência no sono/horário de acordar. Isso também ocorreu para as janelas da sala voltadas ao norte e ao oeste, nas quais foram colocadas persianas de bambu, como solução aos incômodos pela excessiva luminosidade ao final da tarde. No caso da janela do quarto/escritório voltada ao oeste, um dos fatores para isso foi o fato de a vegetação ainda não ter coberto o pergolado. Para a janela da sala voltada ao norte, uma das opções seria o emprego de uma cobertura com beiral maior (em relação à pequena cobertura de vidro utilizada), e também o uso de vidro translúcido ao invés de transparente nessa cobertura – mas não teria tanta repercussão no ambiente quanto soluções para a janela à oeste (embora já seja sombreada em sua maior parte pela varanda), que é a direção que apresenta maior impacto nesse sentido. Entretanto, com o uso das persianas no quarto/escritório e na sala, o problema da luminosidade demasiada foi sanado, além de proporcionar um efeito estético agradável e maior privacidade quando desejado.

Além do sombreamento das aberturas, no terraço também foi prevista solução para sombreamento, com o emprego de um pergolado metálico, conforme Figura 19. Embora o pergolado tenha sido, de fato, instalado, ainda não foram colocadas plantas para cobri-lo – mas quando o conjunto for finalizado, proporcionará maior conforto térmico e também lumínico para permanência no terraço, especialmente por estar na face norte (que é a direção que mais recebe insolação durante o ano – período de março a setembro) e também oeste.

Figura 19: Pergolado do terraço – detalhe em planta



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

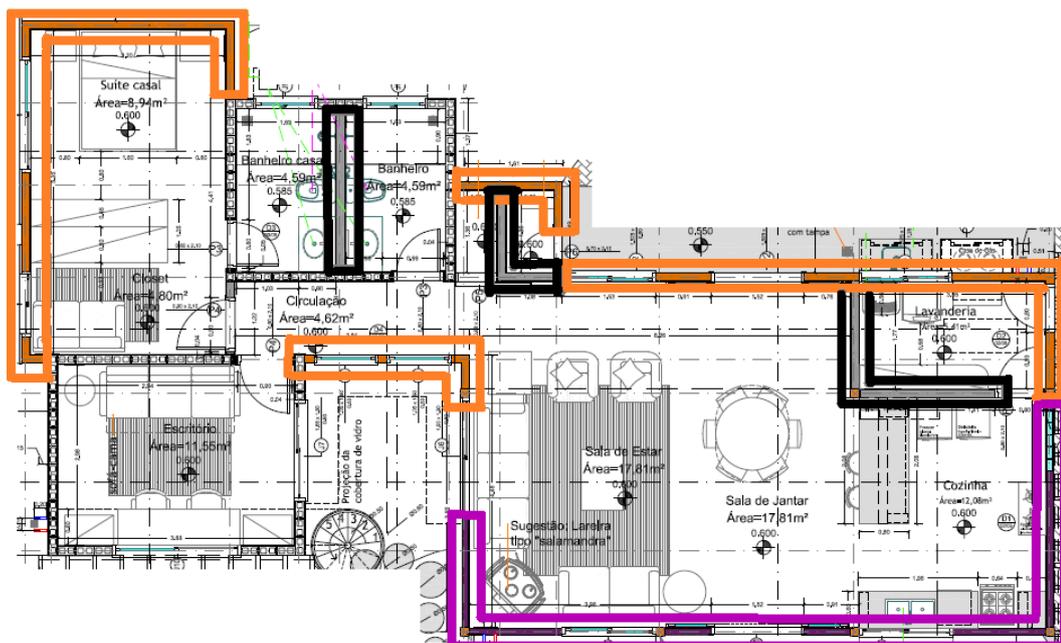
O uso de pergolados também está no projeto para a garagem e ambiente em frente à casa, como previsão para instalação futura – o da garagem já foi instalado, e junto a ele as mudas da espécie sete-léguas, entretanto, ainda estão pequenas. Ao longo da extensão do terreno, as árvores, especialmente as de maior porte e copa, também contribuem para o sombreamento no local e criação de um microclima mais ameno.

4.3.3 VEDAÇÕES – CONFORTO TÉRMICO

Para as vedações verticais da casa, foram utilizados diferentes materiais. No pavimento térreo, há paredes de alvenaria em tijolos maciços e blocos cerâmicos, empregados como vedação, além de uma faixa de taipa na face oeste das salas e as esquadrias de portas e janelas. Além disso, tem-se também alvenaria estrutural, que foi adotada no quarto/escritório e nos dois banheiros (exceto na parede de divisa entre eles, que não é estrutural). Essa solução também se estende ao pavimento superior, no guarda corpo, com 1,00m de peitoril, que protege o terraço, e no ático. Os blocos utilizados na alvenaria estrutural são cerâmicos, com espessura de parede acabada de 17cm.

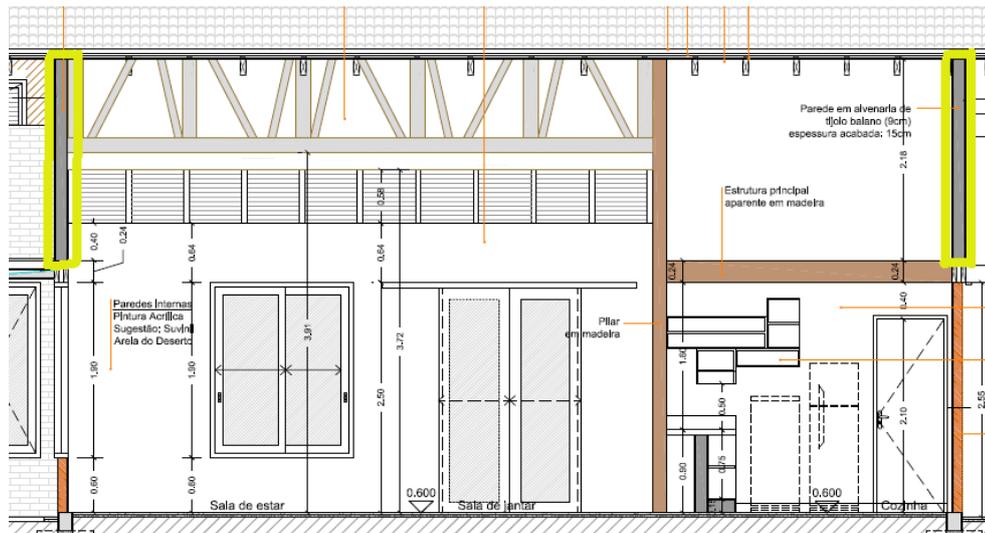
As paredes com tijolos cerâmicos maciços foram feitas em duas espessuras acabadas: 11,5cm (tijolo com espessura de 10cm) e 14,5cm (tijolo com espessura de 13cm), em ambas com revestimento apenas na parte interna da edificação (aparente na parte de fora). Nas paredes da parte da frente da sala e cozinha, circuladas em roxo na Figura 20, foi empregue a de espessura de 11,5cm. Para as paredes circuladas em laranja, foi utilizada a de espessura de 14,5cm. Ressalta-se que, no trecho entre a viga de madeira e a estrutura do telhado, as paredes da lateral da cozinha e da sala de estar, contornadas em amarelo na Figura 21, também passam a ser de tijolo baiano (bloco cerâmico de vedação), como nomeado em projeto, com espessura finalizada de 15cm. As paredes circuladas em preto na Figura 20 são de blocos cerâmicos de seis furos (não estruturais), com espessura acabada de 12cm.

Figura 20: Paredes de vedação – pavimento térreo



Fonte: Adaptado de Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

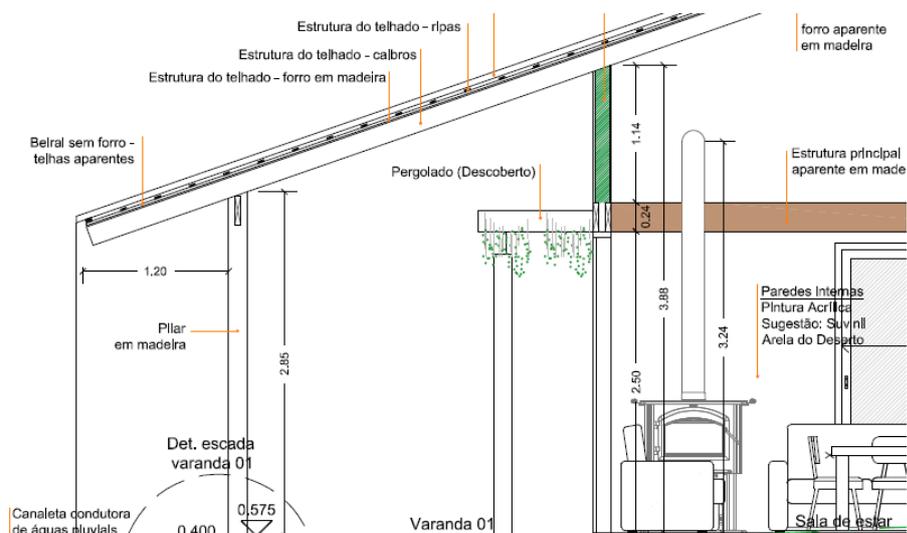
Figura 21: Paredes acima da viga, em tijolo baiano – vista em corte



Fonte: Adaptado de Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Na parede da frente da casa, na sala de estar e jantar, entre a viga de madeira de respaldo da alvenaria de tijolos cerâmicos e o vigamento de estrutura do telhado, foi utilizada a taipa de sebe como vedação, representada em verde na Figura 22. Para esse caso, a parte estruturante da taipa foi feita em trama de bambu, e o preenchimento em terra crua com cimento adicionado. A parede de taipa possui, conforme projeto, espessura acabada de 15cm. Em termos de conforto térmico, a depender dos materiais e proporções utilizadas, a taipa possui condutividade térmica elevada. Entretanto, a solução foi adotada em uma área pequena, protegida pelo telhado. Além disso, a face voltada ao exterior foi revestida.

Figura 22: Vedação em taipa (hachura verde) – corte



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Em termos do conforto térmico, os blocos cerâmicos são mais eficientes do que os de concreto, já que, em comparação, apresentam menor transmitância térmica. Para a zona bioclimática 4, é recomendado pela NBR 15220-3:2005 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) que as paredes sejam pesadas, possuindo os seguintes parâmetros:

Figura 23: Parâmetros para paredes pesadas

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - ϕ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	U ≤ 3,00	ϕ ≤ 4,3	FS _o ≤ 5,0
	Leve refletora	U ≤ 3,60	ϕ ≤ 4,3	FS _o ≤ 4,0
	Pesada	U ≤ 2,20	ϕ ≥ 6,5	FS_o ≤ 3,5

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005)

Como o projeto apresenta somente a espessura do tijolo e a total da parede, fazendo a consideração de tijolos com dimensões 10cmx5cmx21cm para parede de espessura acabada de 11,5cm (caso mais crítico), a transmitância térmica seria de, aproximadamente, U=3,47W/m².K, o atraso térmico ϕ =3 horas e o fator solar FS_o = 6,5% (consideração da absorvância como média entre absorvância do tijolo aparente e cor palha, por serem tijolos mais claros). Dessa forma, essas paredes por exemplo, não poderiam ser consideradas como pesadas. Contudo, à frente de grande parte da extensão dessas paredes, estão as varandas, que são cobertas, o que minimizaria a incidência solar. No inverno, entretanto, as paredes pesadas seriam uma estratégia importante para o conforto térmico, por liberarem nos momentos mais frios, na parte interna da edificação, o calor absorvido durante o período de incidência da radiação solar.

Para a maior parte da cobertura da casa, foi empregue telhado com estrutura em madeira e telhas cerâmicas tipo mediterrânea em cor natural. Há três trechos que adotaram lajes de concreto, dois como cobertura, e um como piso/forro (laje sob o ático, que é treliçada, com 12cm de espessura). Os trechos que empregam a laje como cobertura são o do terraço, com laje treliçada de 16cm de espessura, e a laje programada para ser um futuro telhado verde (ainda não foi executado), que é maciça (12cm de espessura). Mesmo com pouca área, o telhado verde traria contribuições no conforto térmico (pela maior inércia térmica, além da contribuição da vegetação pela evapotranspiração) e acústico.

Na cobertura do ático, foram utilizadas telhas de fibrocimento. Considerando que se trata de um ambiente de acesso apenas para manutenção da caixa d'água e boiler e que possui porta com aberturas para ventilação, além da laje de concreto sobre os banheiros mais o forro de gesso, não seria prejudicial no aspecto de conforto térmico. Pelo lado

ambiental, haveria outras alternativas que causassem menos impacto no processo produtivo – mas há também que se considerar o aspecto econômico.

Na estrutura do telhado coberto com telhas cerâmicas foi empregue manta térmica e forro de madeira com espessura de 1cm – com exceção dos beirais, onde as telhas são aparentes. Esse forro se estende, inclusive, nas varandas. Não há câmara de ar entre o telhado e o forro de madeira, já que o forro foi posicionado sobre os caibros, acompanhando a inclinação do telhado. Entretanto, a manta térmica, juntamente com o forro, aumenta o isolamento térmico. A telha cerâmica também contribui para o conforto térmico, além de ser mais sustentável em comparação aos materiais cimentícios, por exemplo. O telhado, nessa configuração, cobre todos os cômodos, exceto, conforme apresentado anteriormente, o dormitório/escritório e corredor de circulação, nos quais a laje foi utilizada como cobertura diretamente, e os banheiros, onde há o forro de gesso e a laje do ático (que é coberto com telhas de fibrocimento).

Por fim, para uma melhor avaliação quanto ao conforto térmico da edificação, é necessário a verificação se há ou não a necessidade de soluções ativas para tornar os ambientes mais agradáveis termicamente, conforme será apresentado no questionário no item 5. *Entrevistas*.

4.3.4 RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

Assim como o sombreamento das aberturas, o resfriamento evaporativo também é uma estratégia bioclimática recomendada para zona bioclimática 4. Na edificação, não há previsão de medidas especificamente para o resfriamento evaporativo - entretanto, pode-se considerar, em certa medida, o telhado verde e a vegetação/área permeável como colaboradores nesse processo.

Tratando-se do resfriamento evaporativo na edificação, no caso do telhado verde, esse também poderia ajudar pela evapotranspiração da vegetação, amenizando a temperatura da laje e promovendo, dessa forma, um resfriamento evaporativo indireto – ou seja, sem o aumento da umidade no ambiente interno. Entretanto, embora previsto em projeto, o telhado verde ainda não foi executado. Pontua-se, também, a questão de que o telhado verde está previsto apenas para uma laje de área pouco expressiva, o que dessa forma diminuiria também, proporcionalmente, a colaboração no resfriamento passivo.

Pode-se considerar, também, que as características do terreno, pela extensão e cobertura vegetal, contribuem na criação de um microclima mais agradável, resultante de um condicionamento passivo pela evapotranspiração da vegetação. O entorno da casa, por exemplo, é gramado, tem pequenos arbustos, árvores e cultivos de milho e frutas

distribuídos ao longo da extensão do lote. Com isso, além de absorverem a radiação para o processo de fotossíntese, a água que evapora pelo processo de evapotranspiração resfria o ar, amenizando a temperatura do entorno. Nessa evapotranspiração, considera-se também a água evaporada do solo – com isso, a extensa área permeável do lote e as medidas para retenção de água pluvial nele, também apresentam sua contribuição no processo.

Assim, apesar de o resfriamento evaporativo não ter sido adotado diretamente como uma estratégia de conforto térmico, pode-se considerar sua contribuição decorrente das próprias características do terreno vegetado. Como o telhado verde ainda não foi implantado, a participação seria resultado da cobertura vegetal e alta permeabilidade do lote.

4.3.5 USO DE MATERIAS ALTERNATIVOS E DE REAPROVEITAMENTO

Priorizou-se, na edificação, o uso de materiais alternativos ao concreto. A estrutura da casa foi feita predominantemente em madeira (como será apresentado no tópico 4.3.6 *Uso de Madeira Certificada*) e as vedações, em tijolos e blocos cerâmicos, taipa e esquadrias de vidro (portas e janelas). Os blocos utilizados na alvenaria estrutural também foram cerâmicos – ainda que seja necessário argamassa para as juntas, grauteamento e revestimento, em comparação com a alvenaria estrutural com blocos de concreto, reduz-se o impacto ambiental causado pela produção do cimento.

Conforme discutido na análise da variável relativa às *Vedações - Conforto térmico*, a taipa também foi utilizada como solução para vedação na parte superior da parede frontal, na face oeste da casa (sala de jantar e estar). Para a construção desse tipo de vedação, que se enquadra como bioconstrução, reduz-se muito a degradação ambiental em comparação com outras soluções – a parte estruturante, por exemplo, é de origem vegetal (no caso, foi utilizado o bambu), e o material de preenchimento, a terra crua, não demanda processamento (sendo ainda mais sustentável se for retirada do local ou proximidade). Ainda que, para esse caso, tenha sido utilizado cimento na mistura para estabilização, o consumo deste é reduzido em comparação à outras técnicas construtivas. Com isso, além do aspecto ambiental, a taipa também apresenta custo reduzido em comparação aos sistemas de vedações mais tradicionais. No caso, essa solução foi empregue apenas em uma pequena parte da vedação – com isso, considera-se em proporção a redução dos impactos ambientais, possuindo um caráter mais ilustrativo e educacional.

Tratando-se propriamente do concreto, a edificação teve um consumo baixo em comparação às casas construídas por métodos tradicionais, possuindo apenas 3 lajes de concreto, sendo duas delas treliçadas – lajes do terraço (sobre o quarto/escritório) e do ático

(sobre os banheiros), e a laje do futuro telhado verde (sobre o corredor) maciça. Para a fundação, foram utilizados blocos com estacas moldadas in loco e vigas baldrame – para a ligação com os pilares de madeira, também foram empregues pilaretes de concreto. Apesar de possuir o terraço, trata-se de uma casa térrea e que fez uso de materiais leves, direcionando cargas menores à fundação. Com isso, adotou-se fundação menos robusta e, conseqüentemente, com menor consumo de material. O piso da casa é em cimento queimado – com essa escolha, elimina-se a necessidade de colocar outro revestimento como porcelanato em cima do contrapiso, já que o acabamento é executado diretamente nessa camada. Houve, portanto, uma redução no uso de materiais, resultando, também, na redução do custo financeiro final.

Um aspecto importante do ponto de vista ambiental é o reaproveitamento de materiais, que além de evitar todo o consumo de recursos e geração de resíduos causados pelo processo produtivo, recupera o uso de algo que seria descartado. Na edificação, os tijolos utilizados na vedação são de demolição, e o piso da área externa também foi feito com tijolos de reaproveitamento. Conforme descrito na análise da variável de *Aparelhos e Dispositivos economizadores*, as louças dos banheiros foram compradas usadas, de uma obra de reforma, assim como o tanque da lavanderia e bancada da pia da varanda da parte de trás da casa. O mesmo ocorreu para os metais (torneiras e misturadores) dos banheiros e cozinha, conforme identificado nos dados de projeto. No banheiro social, foram usados azulejos na composição que vieram do reaproveitamento de um tampo de mesa, e no piso de cimento queimado, as estrelas decorativas (Figura 24) foram feitas com ladrilhos excedentes de outra reforma. A pia da cozinha também foi aproveitada, vinda de outra propriedade dos donos da casa.

Figura 24: Estrelas de ladrilho no piso de cimento queimado



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

4.3.6 USO DE MADEIRA CERTIFICADA

A madeira é um elemento muito presente na edificação, tendo sido utilizada tanto para fins estruturais, quanto para acabamentos. Com exceção da parte em alvenaria estrutural, toda a casa apresenta estrutura em madeira, inclusive os pilares e o telhado. Com isso, em termos ambientais, se comparado a outras soluções convencionais, há um menor impacto – tanto por ser um material renovável, quanto por ser mais leve, possibilitar uma obra mais rápida e limpa, com menos repercussões no entorno, etc. Destaca-se especialmente a questão relativa à emissão de gás carbônico – enquanto ocorre elevada emissão deste para produção de outros materiais da construção civil, as árvores (apesar de também emitirem gás carbônico pela respiração) o absorvem durante a fotossíntese e produzem oxigênio.

Na parte estrutural da edificação foram utilizadas madeiras maciças das espécies Angelim Pedra e Jatobá – totalizando, em projeto, o consumo de 10,65m³. As madeiras vieram da região Norte, e são oriundas de manejo sustentável, conforme informado durante a chamada de vídeo de apresentação da edificação. No capítulo 5. *Entrevistas* será verificado se possuem certificação – nesse ponto, o uso de madeiras certificadas é importante porque garante, além das exigências da madeira legal, o manejo florestal, e visa também outros aspectos da sustentabilidade.

Como as madeiras vieram da região Norte do país, portanto distantes do ponto de consumo, o transporte via terrestre por veículos à diesel seria um aspecto negativo em termos ambientais. Sob essa ótica, o uso de madeiras processadas produzidas em local mais próximo seria ambientalmente mais recomendável, como através da silvicultura de Eucalipto ou Pinus, por exemplo, que são espécies plantadas no Estado de São Paulo. Entretanto, pelo uso estrutural, seria necessário a avaliação da correspondência com os esforços solicitantes.

Cabe ressaltar ainda que as peças vieram pré-prontas, o que garantiu maior velocidade na execução, e também menos resíduos no canteiro de obra e seus impactos sucedentes (além da própria geração dos resíduos, há também os passivos decorrentes do transporte desses e todo o processo de descarte). A eficiência da logística construtiva é um ponto relevante, trazendo tanto benefícios no sentido ambiental, quanto financeiros.

Uma outra opção que seria favorável ao aspecto ambiental seria o uso de madeira engenheirada, resultante de processos industriais para maximizar às propriedades demandadas na construção civil, como por exemplo a madeira laminada colada (MLC). Isso decorre de serem oriundas de florestas plantadas pela silvicultura, possibilitarem o uso de indivíduos mais jovens – aumentando o desempenho das propriedades, e também por, nesse caso, reduzir as distâncias de transporte.

Por fim, além do menor passivo ambiental e demais aspectos discutidos acima, outro ponto positivo do uso da madeira como elemento estrutural nessa casa é a contribuição para a quebra de paradigmas existentes quanto à capacidade da madeira para esse fim e também acerca de sua durabilidade. Ainda há certa resistência por parte do setor que está mais habituado a soluções construtivas mais convencionais, como concreto e alvenaria. Tendo em vista o potencial e as vantagens da madeira como sistema construtivo, especialmente no tocante aos cuidados de cunho ambiental, mesmo que seu uso seja mesclado a outros sistemas construtivos, apresenta-se como uma tendência em crescimento, conforme apresentado por Shigue (2018). Nesse sentido, as casas que empregam essa solução de forma ambiental e economicamente adequadas, contribuem como exemplos que sustentam e reforçam seus benefícios.

4.3.7 VEGETAÇÃO E PAISAGISMO

Dentre os projetos fornecidos, não há especificamente um projeto de paisagismo. Entretanto, pelo que foi implantado na edificação, percebe-se a importância atribuída a esse aspecto, especialmente nas áreas permeáveis e vegetadas que contornam a edificação e se estendem ao longo de todo terreno.

Vale observar que na direção sudoeste da edificação, há maior concentração de algumas espécies de árvores nativas. Nas demais direções há outras espécies e árvores frutíferas tais como ameixeira, pitangueira, aceroleira e uvaieira. Na direção noroeste, há cultivos de pequena escala, para consumo próprio como, por exemplo, milho e mandioca, alternando-se as culturas ao longo do tempo. Para completar esse conjunto composto de pomares, arbustos ornamentais, cultivos de consumo e árvores nativas, há extensões de áreas gramadas.

Na faixa frontal oeste e na lateral norte à edificação, há arbustos e plantas ornamentais menores que, em conjunto com as canaletas de infiltração (que também são utilizadas como caminhos para circulação), contribuem com um efeito estético e paisagístico da edificação. Pelos dados de projeto, na parte traseira da casa (direção sudeste), foi considerada uma horta sobre pallets, em três blocos, totalizando nove pallets. Entretanto, essa horta ainda não foi implementada.

Como já citado nas variáveis de análise de *Sombreamento* e *Resfriamento Evaporativo*, a vegetação cria um microclima mais agradável pelos processos de evapotranspiração e absorção da radiação solar na fotossíntese, e também pelo do sombreamento que influencia no conforto térmico e lumínico. Além disso, o paisagismo está diretamente ligado a valores estéticos que contribuem nos quesitos formais da paisagem.

O cultivo de algumas espécies vegetais para consumo próprio também é uma prática recomendável sob o ponto de vista da sustentabilidade. Nesse caso, certamente foi possibilitada pelas dimensões do terreno localizado em empreendimento isolado do meio urbano consolidado. Nos setores internos aos perímetros urbanos tais dimensões são bem mais raras. Ainda considerando o fator do tamanho do lote, a presença significativa da vegetação e da permeabilidade do solo, tornam-se essenciais, tendo em vista o potencial para favorecer o atendimento satisfatório a diferentes requisitos do aspecto ambiental.

4.3.8 TELHADO VERDE

O projeto da edificação prevê um telhado verde sobre a laje em cima do corredor que dá acesso aos quartos e banheiros, localizada entre terraço descoberto, pelo qual ocorre o acesso, e o ático, conforme Figura 25. O telhado verde teria, conforme projeto, 4,62m².

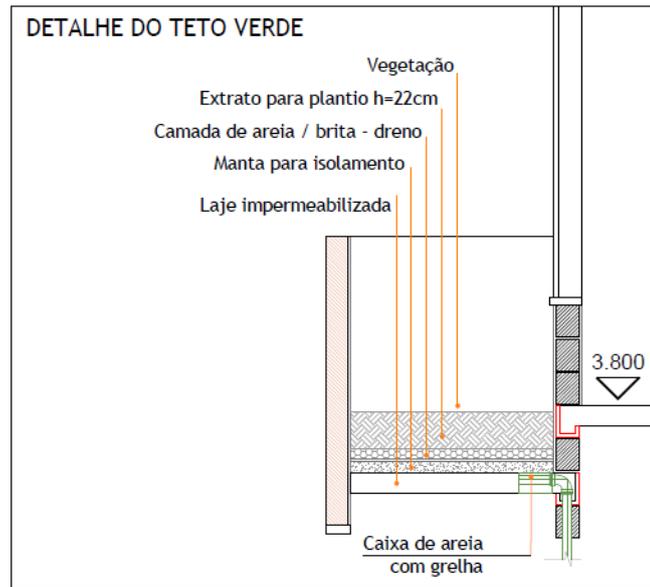
Figura 25: Telhado verde – vista em planta



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Embora em projeto, o telhado verde ainda não foi implantado de fato na edificação. A laje já está impermeabilizada e com as tubulações coletoras da água prontas, entretanto, ainda faltam as outras camadas. Como é possível observar na Figura 26, pelo projeto, após a laje impermeabilizada e já com as tubulações prontas, é necessário a manta para isolamento, uma camada drenante com areia e brita e instalação dos tubos drenos, extrato para o plantio com profundidade de 22 cm, e por fim, a vegetação.

Figura 26: Telhado verde – detalhe em corte



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

Pela área e posicionamento do local previsto para o telhado verde (que seria passagem para acesso ao ático, por exemplo), esse seria de uma tipologia que se enquadraria mais ao modelo semi-intensivo. Diferentemente das coberturas verdes extensivas, que, como tido pela própria nomenclatura, ocupam uma área maior, e são voltados a espécies pequenas e que requerem menos cuidados, como gramíneas, com camada de terra de menor espessura, nas coberturas intensivas têm-se uma camada de terra mais espessa e que comporta plantas maiores, sendo uma tipologia que demanda manutenção constante. Para esse caso, pelo projeto, o substrato seria mais espesso que da modalidade extensiva, mas também, pela própria localização e pequena área da laje, não seria cabível para espécies maiores, comportando melhor plantas que permitam à passagem ao ático e também a própria manutenção, como as gramíneas e arbustos.

Além da questão de ainda não ter sido implantado, o telhado verde seria uma solução prevista apenas em uma laje da edificação, em área de pequenas dimensões. Pela Qualificação Qualiverde, por exemplo, o telhado verde seria considerado como solução a ser pontuada apenas se fosse em toda a cobertura da edificação – com exceção de áreas de placas fotovoltaicas e coletoras, e áreas de circulação. No Selo Casa Azul, por sua vez, os telhados verdes são considerados dentro do critério paisagismo. Com isso, apesar da contribuição para amenização da temperatura (pelo processo de resfriamento evaporativo e também impedindo que a radiação solar incidisse diretamente sobre a laje, aumentando a resistência térmica) e ao conforto acústico no corredor que o telhado verde exerceria, a finalidade maior, para esse caso, seria estética e educativa. Poderia ser considerado, também, em proporção à área, uma pequena contribuição com a retenção e atraso da água

pluvial. Contudo, como o telhado verde ainda não foi implementado, não é possível fazer a análise acerca das possíveis contribuições em menor escala que traria.

4.4 ENERGIA

4.4.1 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

No que tange às fontes alternativas de energia, a edificação utiliza sistema fotovoltaico. Dentre os documentos disponibilizados, não consta propriamente o projeto desse sistema. Entretanto, conforme foi possível verificar na chamada de vídeo, foram instaladas onze placas fotovoltaicas no telhado da frente da casa – voltadas, portanto, ao oeste. A direção mais recomendada, em termos de eficiência do sistema, seria a norte. Todavia, conforme informações obtidas também na chamada de vídeo, por questões de adaptação às condições de composição dos planos de águas da cobertura e das faces, optou-se pelo posicionamento voltado ao oeste. Se as placas fossem colocadas na face norte, precisariam ser posicionadas no telhado junto às placas coletoras para o sistema de aquecimento solar, o que traria certa sobrecarga visual e também não seria a melhor escolha no que diz respeito ao caráter educacional pela demonstração das soluções empregues, que foi pensado pelos proprietários. Com isso, inicialmente, seriam colocadas dez placas fotovoltaicas na direção norte, entretanto, como foram colocadas na direção oeste (menos favorável em comparação à norte), a compensação foi feita com a instalação de uma placa à mais.

O sistema adotado foi interligado à rede elétrica pública. Esse sistema demanda uma estrutura menor e mais simplificada em comparação ao sistema autônomo, e trata-se de uma escolha coerente para a edificação, tendo em vista a disponibilidade da rede pública no condomínio Itaipu. O sistema interligado pode ter um dimensionamento mais adequado na maior parte do tempo, visto que pode considerar o uso da energia da rede para os períodos mais pontuais de menor geração pelo sistema. Um aspecto negativo é o fato de que o sistema não tem independência energética, por não possuir sistema de acumulação como nos sistemas independentes. Nos casos de queda no fornecimento do sistema público, por exemplo, ainda que ocorra em um período do dia em que haja geração de energia, por segurança da rede pública (de modo a evitar acidentes nas manutenções), o sistema da edificação tem seu funcionamento interrompido para não injetar energia na rede, e a edificação fica também sem energia.

Para o tipo de sistema implantado, a companhia de energia faz um balanço entre a energia que foi usada da rede, e a que foi injetada nela (excedente ao consumo). Entretanto,

mesmo que a quantidade de energia injetada tenha sido superior à consumida, gerando créditos, é necessário o pagamento da taxa mínima (correspondente ao custo de disponibilidade). Dessa forma, em termos financeiros, o sistema apenas seria interessante se o consumo fosse superior à taxa mínima – o que não é o caso da edificação estudada, já que, conforme comentado pelos proprietários, no período de pós-ocupação (considerado, no momento de desenvolvimento deste trabalho, como 20 meses), isso ocorreu em apenas 2 meses. No município de São Carlos (SP), conforme cartilha da CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz ([s.d.]), concessionária da região, os créditos podem ser utilizados em até 60 meses e também abatidos em outras unidades consumidoras, desde que estejam no mesmo CPF do titular da unidade geradora e na mesma área de concessão. No caso, os proprietários cadastraram outro imóvel para ser beneficiado, reduzindo cerca de metade do valor da conta de consumo pelo abatimento dos créditos gerados pela edificação do estudo de caso. Ainda assim, pelo custo de implantação do sistema, seria mais favorável economicamente caso cadastrassem mais imóveis.

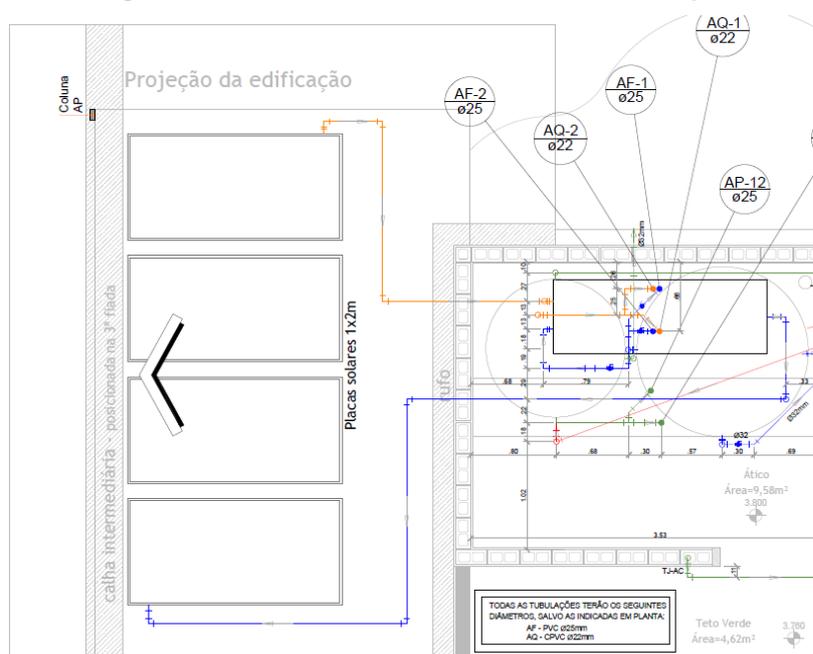
Apesar de não estar sendo compensatório no aspecto financeiro, o sistema é benéfico em termos ambientais – trata-se de uma energia limpa e que reduz a demanda de energia a ser gerada pela rede pública. Tendo em vista os objetivos deste trabalho, sobretudo a redução dos impactos ambientais, o sistema apresenta resultados positivos, sendo uma solução efetiva.

4.4.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

Na edificação, há sistema de aproveitamento da energia solar fototérmica para aquecimento de água, que possibilita uso de água aquecida nos chuveiros e nas torneiras dos banheiros, totalizando quatro pontos de alimentação de água quente. Como esses pontos estão distribuídos nos dois banheiros, que são adjacentes, facilitou-se o provimento das instalações.

Os coletores solares são do tipo plano (placas coletoras), o mais usual no país. No projeto, estavam previstas quatro placas coletoras de 2m² de superfície (1m x 2m) cada, totalizando 8m² de área de captação, como é possível observar na Figura 27. Entretanto, foram instaladas apenas duas. Quanto ao reservatório térmico, no projeto, foi considerado um boiler de capacidade de 500 litros, com sistema de aquecimento auxiliar (*backup*) por resistência elétrica. O boiler situa-se no ático, em posição contígua ao telhado no qual estão as placas coletoras, vide Figura 27. A tubulação utilizada na distribuição da água quente foi o CPVC, adequado à esta finalidade.

Figura 27: Placas coletoras e boiler – vista em planta



Fonte: Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia (2018)

As placas coletoras estão posicionadas na face norte, respeitando a melhor direção para captação da energia fototérmica. A inclinação do telhado onde estão posicionadas as placas é de 35%, que corresponderia à $19^{\circ}30'$, e pelo projeto, elas estão paralelas ao telhado, sem ajuste de inclinação. Conforme consulta realizada no Google Earth ([s.d.]), o condomínio Parque Itaipu está na latitude $22^{\circ}03'$. A recomendação de inclinação para maior eficiência, de acordo com o Selo Casa Azul (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014), no geral, seria a latitude local da cidade acrescida de 10° , para uma maior captação no inverno – entretanto, para verificação do ângulo de maior eficiência de fato, seria necessário consulta às recomendações do fabricante associada ao cálculo do ângulo de maior eficiência através de programas com este fim.

Em termos de compatibilidade entre o que é fornecido pelo sistema implantado e a demanda de água quente, conforme foi informado por um dos proprietários na chamada de vídeo, o sistema supre totalmente a demanda – o que, por exemplo, para a Qualificação Qualiverde, teria pontuação máxima. Dessa forma, o sistema de aquecimento solar utilizado apresenta-se eficiente no que se propõe, reduzindo o impacto ambiental e também trazendo benefício no que concerne à economia financeira. Embora a edificação possua também geração de energia pelas placas fotovoltaicas, ainda que seja gerado energia de uma forma mais limpa, o uso do aquecimento solar da água gera uma menor demanda sobre o sistema fotovoltaico (podem ser utilizadas menos placas fotovoltaicas), reduzindo também os custos de implantação.

4.4.3 EQUIPAMENTOS EFICIENTES

Além das soluções empregues propriamente na construção da edificação, um aspecto que influencia na redução do consumo de energia é o uso de equipamentos eficientes, notadamente os com o selo PROCEL e lâmpadas de LED.

Dentre os eletrodomésticos da edificação, apenas a geladeira possui o selo PROCEL. Conforme informado pelos proprietários, os outros são aparelhos menores, como torradeira, liquidificador, etc., e não possuem selo. Quanto as lâmpadas utilizadas na casa, eles estimam que 80% sejam lâmpadas LED. Como a intenção da edificação é ser mais sustentável ambientalmente, não há previsão no projeto de instalação de medidas ativas de condicionamento como ar condicionado.

Nesse tópico cabe ressaltar que, embora o uso de equipamentos eficientes seja um fator importante na redução da demanda de energia e, conseqüentemente, em termos ambientais, a edificação já possui um baixo consumo – mesmo com a geração de energia pelo sistema fotovoltaico, conforme apresentado anteriormente, não se atinge o consumo equivalente a taxa mínima cobrada pela rede pública. Cabe aqui também a reflexão que, especialmente no tocante a esfera ambiental, quando já se possuem os equipamentos, deve-se ponderar a troca por outros com maior eficiência energética conforme a necessidade – ou seja, a compra de novos equipamentos puramente por esse aspecto, sem considerar, por exemplo, toda a energia, materiais e processos empregues para produção destes novos, traria uma melhora no tocante ao consumo energético, mas deixaria de lado outros pontos que também são muito relevantes nos impactos ambientais.

A partir da análise realizada quanto as medidas e soluções incorporadas na edificação, o capítulo seguinte é dedicado às entrevistas com os proprietários e também projetistas da edificação, possibilitando esclarecimentos relativos às escolhas feitas, vivência pós-ocupação, e outros pontos pertinentes.

5. ENTREVISTAS

Para complementar a análise e discussão acerca das soluções de menor impacto ambiental projetadas e incorporadas na edificação, foram realizadas entrevistas com os proprietários da edificação e também com os projetistas (representantes do escritório Ipê-Amarelo Arquitetura e Engenharia). Conforme descrito na metodologia, pelo cenário de pandemia, no qual este trabalho está sendo desenvolvido, optou-se por realizar essas entrevistas através de questionários, que foram enviados no formato Word.

Os questionários com as devidas perguntas e respostas estão dispostos nos anexos C e D deste trabalho. Com isso, nos próximos itens serão comentadas as perguntas e, notadamente, as respostas obtidas, entretecendo com a análise realizada no capítulo anterior e outros pontos oportunos.

5.1 PROJETISTAS – IPÊ-AMARELO

As perguntas aos representantes do escritório Ipê-Amarelo, responsáveis tanto pelos projetos, quanto pela execução da obra, foram concebidas de modo a esclarecer alguns aspectos pontuados na análise, além da contribuição e percepção de um escritório que visa, em essência, práticas mais sustentáveis. Como indicado na metodologia, totalizaram dez perguntas, sendo a última, na realidade, um espaço para comentários. O questionário foi respondido em maio de 2021, e está disposto integralmente no ANEXO C. Ao longo desse item, o conteúdo deste será analisado e comentado.

Referente à madeira, que é um elemento muito presente na edificação, as questões 1-) e 2-) do questionário foram pensadas para responder quanto a certificação e também sobre a possibilidade de uso de madeira engenheirada. Conforme apresentado, no caso, embora tenham o DOF (Documento de Origem Florestal), que atesta a legalidade da madeira, e serem oriundas de manejo sustentável, não possuem a certificação. Assinala-se a importância da certificação como forma de atestar, de fato, a sustentabilidade em torno do material, em suas diferentes esferas. Por sua vez, quanto ao uso de madeira engenheirada, segundo a resposta, embora fosse possível tecnicamente, não foi empregue pelo aspecto financeiro.

No item de *Reuso das águas cinzas*, foi considerado sobre as águas residuárias da cozinha e lavanderia serem infiltradas em local diferente das águas cinzas oriundas dos banheiros. Essa separação poderia ter sido devido às diferentes cargas orgânicas dessas águas, ou apenas por disposição física. A resposta do item 3-) do questionário esclarece esse ponto – a separação em dois pontos de infiltração foi por disponibilidade de área. Conforme indicado na chamada de vídeo de apresentação, entretanto, os proprietários consideram apenas efeitos benéficos para a vegetação do entorno, em ambos os casos. A resposta foi complementada ainda com a consideração da importância da separação das águas cinzas e negras, como observado, também, ao longo da análise dessas duas variáveis consideradas.

Quanto ao shed empregue na edificação, como apresentado previamente, proporciona uma iluminação privilegiada pela face leste, além do efeito estético. Diante da possibilidade de ser empregue também como recurso para ventilação, como é mais comumente utilizado, a questão 4-) buscou verificar o que foi pensado acerca disso, durante o processo projetual. Pela resposta, é possível verificar que o shed foi empregue aproveitando a treliça estrutural em madeira. A altura que está posicionado, como indicado na análise dessa solução, demandaria um sistema diferenciado para o controle de abertura, sendo que, conforme a resposta, havia uma limitação nesse sentido quanto ao tipo de material disponível para isso (fugindo do padrão da edificação, em madeira). Além da resposta obtida, considera-se aqui novamente o pontuado no item 4.3.1 *Posicionamento e orientação da edificação no lote, iluminação e ventilação natural*, ou seja, que para a edificação há outras alternativas para ventilação, não estando em uma área densamente ocupada que restringiria a circulação dos ventos.

Como apresentado na análise da variável de *Conforto Térmico - Vedações*, foi utilizada uma diversidade de materiais e soluções para as vedações verticais da edificação, além da alvenaria com função também estrutural. Buscou-se na pergunta 5-) do questionário entender os motivos dessa variedade. Conforme resposta, quanto as diferentes dimensões dos tijolos cerâmicos, foi devido a serem reaproveitados de diferentes demolições – o que engloba também os aspectos considerados na variável de *Uso de materiais alternativos e de reaproveitamento*. Os blocos cerâmicos foram empregues nas partes mais altas pela leveza. Por sua vez, a taipa foi adotada de modo mais demonstrativo/educativo, ressaltando-se também aqui a importância de ter sido utilizada em locais sombreados (por estar na face oeste, ainda mais relevante) e com maior proteção – especialmente no que tange ao conforto térmico, já que não é uma solução tão eficiente pelo aspecto de condutividade térmica.

Diante do conjunto de soluções empregues na edificação visando a redução dos impactos ambientais, na pergunta 6-), verificou-se, pela ótica dos entrevistados, quais as soluções com maior efetividade na redução dos impactos ambientais. Além das medidas já citadas na análise desenvolvida no capítulo 4, destaca-se dois aspectos pontuados na resposta dessa questão: a redução de entulhos pelo uso da alvenaria estrutural (em comparação com solução convencional em concreto armado), e também a elaboração dos projetos executivos de modo a evitar desperdícios. Assim como observado no item 4.3.5 *Uso de materiais alternativos e de reaproveitamento*, a alvenaria estrutural com blocos cerâmicos reduz muito o consumo de concreto e é mais leve, sendo esse um aspecto benéfico ao meio ambiente. Sobre a redução dos entulhos na obra e desperdícios, é um aspecto notável tanto em termos ambientais, quanto financeiros, devendo ser considerada em todas as obras. O planejamento adequado e execução correta reflete também na segurança durante a obra e na qualidade da edificação, sendo, dessa maneira, primordial.

Durante o projeto, muitas vezes algumas ideias acabam não sendo viabilizadas, mas, por outro lado, podem surgir outras. Nesse caso, como verifica-se na resposta da questão 7-), o que o escritório pensou como medida, mas que não foi viabilizada, foi o aproveitamento das águas pluviais conforme haviam considerado – no caso, houve a implantação de um pequeno sistema, mas menos sofisticado e com caráter mais demonstrativo. No caso, essa não viabilização ocorreu pela implementação de outra solução para as águas pluviais, a infiltração (considerando também o alto coeficiente de permeabilidade do terreno), e também, conforme tido na chamada de vídeo, por não se ter uma demanda para um sistema de maior robustez. Considera-se também para o sistema que foi de fato implementado, que se trata de uma solução que pode ser facilmente utilizada em edificações já construídas, demandando apenas uma área para captação dessa água e também espaço para o tanque de armazenamento. Ainda seguindo o raciocínio de possíveis modificações ou implementações no projeto, conforme a resposta da pergunta 8-), se estivesse em desenvolvimento hoje, não fariam alterações.

Abrangendo além da edificação em questão, por ser um escritório que valoriza a sustentabilidade, aproveitou-se esse espaço para identificar os principais empecilhos à implantação de medidas e soluções de baixo impacto ambiental. Como resposta a essa questão (item 9-)), foi apontado sobre as diferentes esferas da sustentabilidade e sobre a singularidade de cada projeto, devendo atender as demandas de cada cliente. É necessário, portanto, uma ponderação, de modo ao que seja mais adequado a realidade de cada cliente – por exemplo, adequação a realidade financeira, cultural, etc. Nesse contexto, cabe pontuar aqui sobre a necessidade de popularização dessas soluções, tanto em termos de

disseminar informações a respeito delas, quanto de redução dos custos, para que possam ter maior adesão.

Por fim, no espaço para comentários, a resposta destaca a preocupação do escritório com a sustentabilidade e colaboração neste trabalho. Com as respostas obtidas, fica em destaque principalmente o alinhamento da redução dos impactos ambientais, em conjunto com as outras facetas da sustentabilidade, incluindo também aqui a questão da limitação do que é possível ou não executar, seguindo determinado orçamento disponível. Outro ponto é a adoção de um conjunto de medidas e soluções, de modo a se complementarem – embora em determinado aspecto possa não ser a mais eficiente, tem-se outros fatores a serem considerados (por exemplo, o reaproveitamento do material). No próximo item, será abordado quanto a entrevista com os proprietários.

5.2 PROPRIETÁRIOS

Para o questionário dos proprietários, foram formuladas nove perguntas e ao final, no décimo item, assim como o dos projetistas, deixou-se um espaço para que os entrevistados tecessem comentários e/ou observações que achassem pertinentes, como apresentado na metodologia. As respostas foram concedidas no mês de abril de 2021, totalizando 1 ano e 10 meses de pós-ocupação. Dessa forma, as perguntas foram pensadas pelos pontos observados na chamada de vídeo e documentos de projeto, visando analisar, de forma sintética, o desempenho efetivo de algumas das soluções, conforme foi pontuado ao longo do capítulo 4. A partir da vivência pós ocupação, o questionário abrange, portanto, esclarecimentos sobre o atendimento de expectativas, experiência de habitar uma casa com esses preceitos, entre outros. O questionário respondido está disposto no ANEXO D do presente trabalho, e a análise e comentários deste serão desenvolvidos nos próximos parágrafos.

No âmbito do conforto ambiental e humano da edificação, que engloba a associação de soluções passivas, no início do questionário, buscou-se verificar a efetividade das soluções empregues, especialmente pela necessidade de soluções ativas, que demandam energia. Como se verifica na resposta da pergunta a-), a casa apresenta um bom conforto térmico, sendo o uso de aquecedor restrito a dias pontuais no inverno. O emprego de materiais para vedação e paredes internas com maior inércia térmica, como indicado para zona bioclimática 4, através de, por exemplo, os próprios tijolos utilizados, mas com maior espessura, traria maior conforto térmico ao inverno, retendo mais calor durante o dia. Por outro lado, aumentaria a quantidade de materiais (desde a espessura dos próprios tijolos, até, por exemplo, influência nas fundações). Aponta-se também a questão dos tijolos

usados serem oriundos de demolição, outro aspecto importante para redução dos impactos ambientais. Com isso, tem-se a ponderação de que, para a maior parte dos dias, o uso de vedação mais pesada e outras soluções passivas seria, de certa forma, superestimado, já que a casa é, para proprietários, satisfatória termicamente com exceção desses poucos dias. Ameniza-se também a questão de a energia consumida pela casa gerar a própria energia.

Em termos de conforto lumínico, que está ligado diretamente aos aspectos observados na variável de análise *Posicionamento e orientação da edificação no lote, iluminação e ventilação natural*, na entrevista (item b-)), foi pontuada a necessidade de iluminação artificial durante o dia para a pia da cozinha e também na sala de jantar para dias mais nublados. Apesar de a casa ter, em sua maioria, aberturas grandes, a cozinha, que possui esquadrias voltadas ao oeste e um pequeno trecho de vedação com blocos de vidro na fachada sul, tem a iluminação influenciada pelo sombreamento ocasionado pela cobertura da varanda e, na fachada sul, apesar da incidência indireta, pelo pergolado – especialmente quando a vegetação o cobre. Por outro lado, o sombreamento na fachada oeste é importante para reduzir os ganhos térmicos. No caso da sala de jantar, o uso das lâmpadas no período diurno estaria restrito aos dias nublados, naturalmente com menor incidência de luz – para essas ocorrências, considera-se como exceções. Em certa medida, novamente o sistema fotovoltaico da edificação ameniza os impactos do uso de iluminação artificial indicados pelos proprietários, embora, idealmente, o desejado seria que não houvesse essa necessidade.

Na variável de análise de *Aproveitamento de águas pluviais*, observou-se quanto a capacidade de armazenamento do sistema empregue, além de ser restrito à apenas um dos telhados. A pergunta c-) do questionário refere-se a isso. Nesse caso, conforme resposta, de fato ocorre o extravaso da água do tanque em grande parte das chuvas, mas os proprietários indicaram que o sistema utilizado possui um caráter mais educativo, não tendo propriamente uma demanda regular por essa água. Dessa forma, não há pretensão de expandir o sistema já utilizado com o uso de mais tanques ou implementar o sistema de aproveitamento indicado como futuro nos documentos de projeto. Responderam também que a solução para as águas pluviais é a infiltração. Faz-se um paralelo com a resposta da pergunta 7-), do questionário aos projetistas, que consideraram o aproveitamento das águas pluviais, mas, da forma que haviam pensado, não foi viabilizado. Pontua-se aqui quanto às diferentes soluções que podem ser utilizadas a fim de reduzir os diferentes impactos ambientais. Para as águas pluviais, em termos dos danos que causam pela alta impermeabilização, a extensão do terreno e soluções adotadas na edificação possibilitam a infiltração total, trazendo benefícios como indicado na análise da variável de *Soluções para*

retenção das águas pluviais no lote. Por outro lado, tem-se a questão da demanda por água na edificação, que seria referente a outro impacto ambiental. A Qualificação Qualiverde, por exemplo, engloba uma gama de possíveis soluções que podem ser implementadas à escolha do que os proprietários e projetistas consideram mais adequado e cabível para a edificação, somando pontos – dessa forma, não há uma obrigatoriedade no que concerne a quais soluções devem ser adotadas.

Como observado ao longo do capítulo 4, especialmente na análise da variável do *Telhado Verde*, embora projetado, a cobertura verde ainda não foi executada. Na pergunta d-), os proprietários indicaram a pretensão de implementá-lo. A resposta ressalta também que foi pensado pelo caráter demonstrativo, e não propriamente pelos benefícios que teria caso fosse utilizado em uma área maior – embora, mesmo pela pequena extensão, quando for entregue, trará os aspectos positivos indicados na análise dessa solução.

Assim como para o questionário aos projetistas, para os proprietários, também foi perguntado quanto a soluções que foram pensadas e não viabilizadas, e por outro lado, que surgiram durante o projeto. Conforme a resposta da pergunta e-), nesse caso, a solução que os proprietários indicaram que não foi viabilizada foi o uso do adobe como vedação, pelo emprego das outras soluções. Também foi indicado durante a chamada de vídeo que, inicialmente, pensaram na taipa de sebe como vedação também na faixa entre a viga de madeira e estrutura do telhado na fachada sul, mas que, por ser um vão grande, no projeto isso não foi viabilizado. Em contrapartida, indicaram o emprego do sistema de aproveitamento de água pluvial como uma solução que surgiu durante o desenvolvimento do projeto.

Um aspecto que interfere diretamente na redução dos impactos ambientais é o desempenho efetivo das soluções adotadas, ou seja, o que de fato ocorre. Além disso, muitas vezes tem-se certa expectativa em torno de determinada solução, que não corresponde ao que de fato ela pode entregar, ainda que empregue corretamente. Nesse ponto, através da resposta da pergunta j-), nota-se que às expectativas quanto ao desempenho das soluções empregues foram atingidas para grande delas. As considerações de exceções feitas na resposta dessa pergunta são referentes aos tijolos usados empregues no piso da área externa (alguns precisarão ser substituídos), e pela baixa eficiência das descargas das bacias sanitárias. Apesar de serem materiais de reaproveitamento, especialmente no caso do piso, no qual precisarão trocar algumas partes, haverá o gasto (material e financeiro) em dobro do que caso o material empregue fosse mais adequado. Ressalta-se, entretanto, que poderia ter sido utilizado um piso reaproveitado que não causasse esse problema. Quanto as bacias sanitárias, de fato, há sistemas mais eficientes,

com acionamento da descarga *dual-flush*, mas há a questão da disponibilidade/existência para reaproveitamento.

Ainda voltada à efetividade das soluções empregues, tem-se a pergunta g-), na qual buscou-se identificar, do ponto de vista dos proprietários pela vivência na edificação, quais as soluções com maior e menor eficiência, especialmente na parte ambiental, mas também considerando as outras esferas da sustentabilidade. Além das soluções comentadas que foram analisadas no capítulo 4, um ponto relevante que indicaram foi o planejamento para ocupação do terreno, que permitiu que a casa fosse implantada sem muitas intervenções. No caso, com a menor movimentação de terra, usa-se menos máquinas e combustíveis, além de evitar também a retirada da vegetação, contribuindo na redução dos impactos ambientais.

Em continuação ao parágrafo anterior, comentando as soluções que os proprietários consideram de menor eficiência, no caso do aproveitamento pluvial, tem-se o fato de que não foi uma solução planejada ou que tenha demanda para expansão. Para o sistema fotovoltaico, no aspecto financeiro, teria um maior retorno caso houvessem mais imóveis para o uso dos créditos, ou se houvesse um maior consumo de energia. Do ponto de vista ambiental, como explanado na análise dessa solução, o sistema on-grid (interligado) é mais adequado para locais em que haja rede de energia elétrica. Ainda como apresentado no item 4.4.1 *Fontes alternativas de energia*, de fato, o sistema não funciona quando há a interrupção de energia da rede da concessionária, mesmo que durante o dia, por segurança na manutenção da rede.

No pós-ocupação, pela vivência na edificação, é possível identificar também pontos que melhorariam/modificariam ou acrescentariam, sendo essa a pergunta h-). No caso, conforme resposta, foram identificados pelos proprietários quatro pontos para melhoria, dois deles com maior relação ao aspecto de impactos ambientais. No shed, colocariam aberturas visando diminuir a quantidade de insetos e animais que ficam presos na estrutura, e também para maximizar a ventilação e conforto térmico. Também instalariam uma cobertura/dispositivo no pergolado posicionado à frente da janela voltada ao oeste do quarto/escritório, para proteger as esquadrias de madeira das águas pluviais. Isso maximizaria a vida útil, especialmente considerando que se trata de um elemento em madeira. Mais propriamente no âmbito de preservação da saúde, nos forros de madeira, notaram a presença de morcegos, sendo que foi preciso preencher as aberturas com espuma e instalar telhas de vidro - ainda assim, não sanou integralmente o problema. Por fim, não diretamente relacionado à esfera ambiental, seria ter feito o depósito externo maior – mas será necessário construir um depósito à parte, o que demandará obra e materiais.

Como a última pergunta do questionário antes do item de espaço para comentários, a pergunta i-) refere-se à experimentação dos proprietários nessa edificação, que preconiza reduzir os impactos ambientais, em comparação a edificações que não possuem essa prioridade. Um aspecto interessante comentado na resposta é que, embora tenham de fato preconizado soluções mais sustentáveis na esfera ambiental, não são soluções com tanto impacto visual ou que fazem com que a casa difira muito esteticamente de construções tradicionais.

Percebe-se, portanto, que podem ser feitas escolhas mais sustentáveis para as edificações, sem torná-la muito alternativas no aspecto estético (caso esse não seja o desejado). Isso ocorre inclusive pelo fato de que, embora tenham soluções que sejam de fato mais chamativas e que saem do convencional também na aparência, muitas das escolhas que reduzem o impacto ambiental de uma edificação são decisões projetuais que podem e devem ser consideradas em todos os projetos, de modo que tenham um melhor desempenho e, com isso, reduzam os impactos ambientais.

Ao final, no espaço para comentários, a resposta reafirma a importância de maior visibilidade às soluções mais sustentáveis para as edificações, conforme desenvolvido nesse trabalho. Além disso, citam também a contribuição para explicação e divulgação das soluções adotadas na edificação.

Dessa forma, pelas respostas, nota-se que, de forma geral, os proprietários estão satisfeitos com o desempenho da edificação e soluções empregues. De fato, no processo pós ocupação é possível identificar, pela vivência no dia a dia, aspectos a serem melhorados, assim como também os benefícios das medidas e soluções consideradas. Fazendo a conexão com as respostas dos projetistas, nota-se a importância do alinhamento entre as partes envolvidas durante o processo projetual. Com isso, pelos questionários, houve o esclarecimento de algumas questões e complemento da análise.

Encerrando a análise com a parte das entrevistas, juntamente com todas as considerações e comentários ao longo do texto, foi possível a construção de um quadro síntese (Quadro 3). Nele, é possível visualizar, de forma mais direta, dentro das variáveis analisadas, as soluções que foram empregues, indicando se houve ou não a incorporação, bem como considerações quanto a isso – como, por exemplo, se foi considerada parcialmente, ou se é uma solução experimental para os proprietários (dentro do propósito ilustrativo/educativo), e, ainda, se há intenção de expansão ou implementação futura.

Quadro 3: Síntese – Estudo de caso

	Variáveis de análise	Solução	Incorporação - consideração
Água	Aparelhos e dispositivos economizadores	Aproveitamento de peças usadas	Não
	Sistema de reuso das águas cinzas	Infiltração	Sim – Parcial
	Aproveitamento das águas pluviais	Sistema simplificado - tanque de armazenamento de 400l	Sim – Parcial; Experimental; sem intenção de expansão
	Sistema de tratamento do esgoto	Fossa séptica + valas de infiltração, separação águas cinzas e negras	Sim
	Solução para retenção das águas pluviais no lote	Canaletas coletoras p/ infiltração, bacias de infiltração, alta permeabilidade do lote, vegetação	Sim
Conforto Ambiental na Edificação	Posicionamento e orientação da edificação no lote, iluminação e ventilação natural	Consideração da disposição da edificação e dos cômodos, maioria c/ aberturas grandes, shed (sem abertura p/ ventilação), disposição e tipo de esquadrias – iluminação e ventilação natural	Sim
	Sombreamento	Sombreamento das aberturas, beirais da cobertura, varandas, pergolados, persianas, vegetação	Sim
	Vedações - conforto térmico	Vertical: tijolos, blocos cerâmicos, trecho em taipa, esquadrias de vidro; cobertura: telhas cerâmicas + manta térmica + forro de madeira, 3 lajes de concreto - sem soluções ativas	Sim
	Resfriamento evaporativo	Vegetação e características do terreno - microclima	Sim
	Uso de materiais alternativos e de reaproveitamento	Materiais alternativos ao concreto: estrutura em madeira, alvenaria estrutural com blocos cerâmicos; taipa, tijolos de demolição, aproveitamento de materiais e itens de outra obra e reformas	Sim
	Uso de madeira certificada	Uso de madeira maciça legal e de manejo sustentável, origem: região Norte - sem certificação	Sim – Parcial
	Vegetação e paisagismo	Árvores nativas, vegetação na extensão do lote (consideração para implantação da edificação), árvores frutíferas e cultivos para consumo próprio	Sim
	Telhado verde	Previsto em laje de pequena área	Não – Experimental; além de pequeno, ainda não implantado
Energia	Fontes alternativas de energia	Geração de energia fotovoltaica <i>ongrid</i>	Sim
	Sistema de aquecimento solar de água	Sistema de aquecimento solar de água – atende toda demanda	Sim
	Equipamentos eficientes	Lâmpadas LED, geladeira com selo Procel, sem ar condicionado	Sim – Parcial

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos impactos ambientais causados pela construção civil e consciência da finitude de muitos dos recursos naturais, na perspectiva de redução de danos, a adoção de práticas mais alinhadas à sustentabilidade ambiental é de extrema importância, tanto para os tempos correntes como para um futuro próximo.

Frente à oportunidade de estudo de uma edificação que priorizou, desde o início, a redução dos impactos ambientais, esse trabalho buscou, na revisão bibliográfica, compilar medidas e soluções desse cunho, com maior aplicabilidade a edificações unifamiliares. A definição das variáveis de análise para a edificação foi pautada na revisão bibliográfica, que engloba, além de propriamente as soluções projetuais e construtivas mais voltadas à sustentabilidade ambiental, também sobre a certificação Selo Casa Azul e a qualificação Qualiverde, acrescentando maior embasamento e direcionamento ao estudo.

O estudo e análise a partir das variáveis estabelecidas possibilitou verificar o que foi empregue na edificação e em que medida, adicionando observações pertinentes. Ao longo da análise e comentários quanto as soluções incorporadas na edificação, percebe-se que algumas delas são mais intensivas e com maior efetividade na redução dos impactos ambientais. Há também, por outro lado, soluções que caracterizam mais como solução experimental de cunho ilustrativo e pedagógico, do que de fato como solução representativa para maior efetividade de seus eventuais benefícios. As entrevistas com os proprietários e projetistas da edificação complementam esse processo, contribuindo para o esclarecimento de questões pontuadas, e, para o caso dos proprietários, sobre a vivência pós-ocupação, possibilitando a conclusão sobre alguns aspectos considerados na análise, especialmente quanto a desempenho e expectativas.

Assim, observa-se que as próprias condições do lote, com dimensões expressivas (área de 5.000 m²), permitiram um conjunto de assimilações que na escala urbana de zonas mais consolidadas, seriam de difícil incorporação. Em contrapartida, também foram identificadas soluções que poderiam ser complementadas, e outras, introduzidas. Dentro do conjunto denominado na análise como “Água”, as soluções consideradas de maior eficiência foram o sistema de tratamento de esgoto e as soluções para retenção das águas pluviais no lote, que se enquadram nas medidas possibilitadas pelas configurações do terreno, junto

com a infiltração das águas cinzas. Embora não haja propriamente um sistema de reuso das águas cinzas conforme o que é tradicionalmente considerado, a infiltração dessas águas, além de ser uma forma de destinação, possibilita diminuir uso de água potável para rega, sendo, portanto, eficiente na redução dos impactos ambientais. Ainda no grupo “Água”, pode-se dizer que os aparelhos e dispositivos economizadores não foram medidas consideradas (ressaltando as observações pontuadas no desenvolvimento da análise), e o aproveitamento das águas pluviais foi implementado de forma simplificada e em menor escala, mais pelo caráter demonstrativo do que pelos benefícios em si caso fosse mais robusto – embora, ainda assim, haja contribuições positivas.

No bloco “Conforto Ambiental”, destaca-se ainda mais a importância do conjunto e associação das medidas e soluções. Houve uma preocupação quanto a implantação da edificação no lote, como observado também nas entrevistas, incluindo aqui também a variável de vegetação e paisagismo – que nesse caso, pela extensão do lote, merece ainda mais atenção. Em termos de conforto térmico, nota-se que há uma efetividade proporcionada pelo conjunto do posicionamento e orientação da edificação, vedações, sombreamento e até mesmo a colaboração de resfriamento evaporativo propiciado pelo ambiente do entorno da construção, ressaltando a associação das medidas. Quanto ao conforto lumínico, a ressalva é pela necessidade de iluminação artificial em parte da cozinha, mas, tendo em vista que se trata de apenas um ambiente no qual essa demanda é mais frequente e também que a casa tem geração de energia, ameniza-se essa questão, considerando o bom desempenho do conjunto em relação ao meio ambiente. Propriamente quanto ao uso de materiais alternativos e de reaproveitamento, vê-se que essa foi uma das principais preocupações na edificação, empregando predominantemente sistema construtivo em madeira em combinação com diferentes tipos de vedações, e promovendo também o reaproveitamento de materiais. No caso da madeira, foi utilizada madeira legal, entretanto, em termos de sustentabilidade, a solução mais completa seria o emprego de madeira com certificação – ainda assim, considera-se os benefícios dessa escolha. O telhado verde ainda não foi implementado, portanto, não pode ser considerado até o momento – mas também estaria enquadrado nas soluções mais experimentais e demonstrativas.

Por sua vez, em “Energia”, tanto as fontes alternativas de energia, nesse caso, a energia fotovoltaica, e o sistema de aquecimento solar de água são soluções de fato implementadas, atendendo totalmente ao propósito da redução de danos ao meio ambiente. Quanto aos equipamentos eficientes, nota-se uma maior preocupação quanto a implementação das lâmpadas LED.

As medidas voltadas à água, conforto ambiental e energia abrangem aspectos importantes para redução dos impactos ambientais da edificação – a organização nesses

três grandes grupos e seus subitens possibilita, inclusive, um direcionamento quanto ao que se pode adotar para minimizar os danos causados em diferentes esferas. Assim, as soluções empregues se completam, de maneira que essa associação reduz os diferentes impactos causados tanto pela construção, como ao longo da fase de ocupação (e sequencialmente, até eventual desmontagem/demolição). A importância das medidas em conjunto fica mais nítida, conforme apresentado nesse caso, também pela complementação das decisões projetuais e soluções passivas visando o conforto ambiental, mais especificamente, térmico e lumínico. Uma outra exemplificação clara disso seria a necessidade pontual do uso de medidas ativas para aquecimento, contrabalanceada pela excepcionalidade desses dias e por haver na edificação sistema para geração de energia. Com isso, o conjunto de soluções engloba a redução de diversos tipos de impactos ambientais, e permite que elas se complementem e adquiram maior efetividade.

Pontua-se, aqui, também, a importância de soluções que se adequem a realidade e demandas das pessoas que vão habitar a edificação, de modo que sejam de fato efetivas. Cabe aos profissionais o entendimento das soluções para considerar as possibilidades e adequações impostas pelas especificidades do contexto, de forma a atender ou superar expectativas. Tais considerações, estabelecidas desde o início, possibilitam que as soluções se integrem, se articulem e promovam convergências para um resultado mais positivo na redução dos impactos ambientais.

Nota-se, portanto, a relevância da preocupação com o aspecto ambiental desde a concepção dos projetos, fazendo com que, ao final, se tenha um ambiente construído de qualidade e alinhado à perspectiva de redução de impactos – buscando, dentro do possível, a eliminação deles. Os engenheiros e arquitetos, agentes envolvidos diretamente no processo, apresentam um papel muito relevante para a discussão e implementação dessas medidas. A disseminação da informação acerca das práticas sustentáveis também é essencial para sua difusão, tanto para os profissionais da área da construção civil, quanto ao público geral. Espera-se que, com o tempo, tais soluções se tornem mais acessíveis, embora já seja perceptível a obtenção de projetos mais alinhados com a perspectiva da sustentabilidade ambiental, em soluções com maior tendência à efetividade e com custos mais competitivos e equiparáveis aos de soluções mais convencionais. Considera-se, nesse trabalho, que há uma variedade de escolhas, medidas e soluções que podem contribuir com a redução dos impactos ambientais, cabendo buscar o que seja mais adequado a cada contexto.

Ainda quanto à contextualização do estudo de caso, ressalta-se que, muitas vezes, as certificações são mais voltadas para edificações situadas em áreas urbanas mais adensadas. Portanto, é importante estabelecer a correlação entre determinados contextos e

as soluções adotadas, na perspectiva de um maior grau de sustentabilidade naquela edificação específica. Dessa forma, esse entendimento é importante para que não haja uma interpretação inadequada do conceito de sustentabilidade – por exemplo, aplicando uma solução que não trará efeitos significativos em detrimento de outra que, de fato, poderia proporcionar até mesmo a eliminação de determinado impacto. Sabendo-se da importância dos processos de avaliação e certificação, cabe pontuar que seria mais interessante e efetivo se cada caso fosse analisado com maior individualidade – embora seja compreensível a dificuldade para viabilizar especificidades, inclusive para verificação de efetividade e análises comparativas com outros casos. Nesse sentido, as certificações que dispõem de uma gama maior de critérios e apresentam flexibilidade de escolha do que é mais aplicável, possibilitam que se atinja resultados mais eficazes, desde que sejam assegurados os cuidados pertinentes aos projetos e respectivas execuções.

Diante do apresentado, para o estudo de caso em questão, com todas as medidas e soluções adotadas, a edificação consegue contribuir para minimizar os impactos ambientais, e, como era a intenção dos proprietários, auxiliar a difundir essas práticas, despertando o interesse para a adoção de determinados procedimentos e soluções. Toda intervenção construtiva apresenta, em maior ou menor escala, influência no meio ambiente, apontando para tendências mais ou menos sustentáveis. Desse modo, é preciso, especialmente frente à necessidade de mudanças mais iminentes, a busca pela redução dos impactos negativos, tendo em vista que há alternativas para isso. O conceito adotado para sustentabilidade nesse estudo passa pela compreensão de que ela pode, permanentemente, ser aprimorada, não tendo um limite atingível. Por fim, considera-se que o trabalho focou, prioritariamente, a redução dos impactos ambientais, contudo, ressalta-se, também, a importância dos aspectos socioeconômicos, de modo a incorporar, de forma mais plena, as múltiplas dimensões da perspectiva da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, E. Z.; RECCHIA, F. M.; PENEDO, S. R. M.; PALETTA F. C. Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 12., 2012, São Paulo. **Anais...**São Paulo: COPEC, 2012, p. 171–173.

ALBUQUERQUE NETO, R. F.; JULIO, M. Estudo de técnicas sustentáveis para racionalização do uso de água em edificações com enfoque na demanda. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 6, n. 2, p. 85–103, 2014.

ÁLVARES, M. M. C. **A agenda 21 local nos municípios portugueses**. 2009. 160p. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola de Economia e Gestão, Universidade do Minho, Gualtar, Portugal, 2009.

ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. 1996. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de vitória (ES)**. 2005. 150p Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11704**: Sistemas fotovoltaicos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16782**: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. 2005. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BEATRICE, C. C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. 2011. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BEZERRA, M. R. V. D. M. **Renovação da quadra urbana para a sustentabilidade: desafios e soluções**. 2013. 229p. Tese (Doutorado em Artes e Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4. ed. Maceió: EDUFAL, 2004.

BOTARI, J. C.; BOTARI, A.; BERTONHA, A. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residência unifamiliar popular: uma proposta para região metropolitana de Umuarama – Noroeste do Paraná. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENTAL WORLD CONGRESS, 15., 2015, Porto, Portugal. **Anais...** Porto, Portugal: COPEC, 2015, p. 316–321.

BOYJOO, Y.; PAREEK, V. K.; ANG, M. A review of greywater characteristics and treatment processes. **Water Science & Technology**, v. 67, n. 7, p. 1403–1424, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018 – ano base 2017**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 global**. Brasília: MMA, c2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010.

CIB – THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNEP-IETC – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**. Petrória, África do Sul: CSIR Building and Construction Technology, 2002.

CNUMAD – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal/SSET, 1996.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem Ambiente**, São Paulo, n. 25, p. 125–142, 2008.

CPFL ENERGIA. **Guia de acesso ao sistema de micro e minigeração no Grupo CPFL**. [s.l.: s.d.]. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

DINAMARCO, C. P. G. **Selo Casa Azul Certificação Ambiental**: estudo de caso. 2016. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

ELETROBRAS; PROCEL. **Resultados PROCEL 2016 – ano base 2015**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2016.

FERNANDES, J. T. **Código de obras e edificações do DF**: Inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. 2009. 249p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GONÇALVES, H.; GRAÇA, J. M. **Conceitos bioclimáticos para edifícios em Portugal**. Lisboa: DGGE/IP-3E, 2004.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51–81, 2006.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GOOGLE EARTH. **Google Earth Mapas**. Parque Itaipu. [s.d.]. Imagem de satélite. Maxar Technologies. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/search/parque+itaipu+são+carlos/>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GOOGLE MAPS. **W5WP+CJ São Carlos, SP**. c2020. 1 imagem de satélite. Airbus Maxar Technologies/CNES. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Condom%C3%ADnio+Parque+Itaipu/@-22.0538939,-47.8155807,759m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x94b87588abf9f3d1:0x8a8ba310e3bf6dcc!8m2!3d-22.0538939!4d-47.813392>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

HENEINE, M. C. A. DE S. **Cobertura verde**. 2008. 49p. Monografia (Especialização em Engenharia Civil - Ênfase: tecnologia e produtividade das construções) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 307–316, 2000.

IPÊ AMARELO ARQUITETURA E ENGENHARIA. **Ipê-Amarelo**, c2016. Página inicial. Disponível em: <<http://www.ipe-amarelo.com/site/>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

IPÊ-AMARELO ARQUITETURA E ENGENHARIA. **Projeto Residência Itaipu**. Documentos de Projetos. São Carlos, 2018.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; APOGYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness. In: ENCONTRO NACIONAL, 2., e ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2001, Canela. **Anais...**Porto Alegre: ANTAC/UFRGS, 2001, p. 91–98.

KIBERT, C. J. Establishing principles and a model for sustainable construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF CIB TG 16 ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 1994, Tampa, Florida. **Proceedings...**Tampa, Florida: University of Florida, 1994, p. 3–12.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa eficiente**: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. 2 v.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **ENIAC Pesquisa**, Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 69–84, 2014.

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 Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LOMBARDI, L. R. **Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no instituto de pesquisas hidráulicas**. 2012. 75p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

LOPES, F. S. D. **Simulação de consumo energético e conforto térmico para edifício de escritórios em Teresina/PI com o uso de estratégias bioclimáticas**. 2016. 134p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

MATEUS, R. F. M. S. **Avaliação da construção sustentável: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis**. 2009. 376p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Processos de Construção) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2009.

MATOS, M. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural**. 2007. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 200p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MIRANDA, T. V.; MOTTA, A. L. T. S.; PEREIRA, A. C. L.; RAMOS, D. C. Qualificação Qualiverde: análise do desenvolvimento, aplicação e situação atual. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 124–139, 2007.

NEVES, L. O. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural**. 2006. 232p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years experience in Berlin. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 275–284, 2000.

PEITER, T. V.; POLETO, C. Estudo dos efeitos de trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 14, n. 2, p. 57–67, 2012.

PEREIRA, Y. T.; CARVELLI, E. Vantagens econômicas, ambientais e de durabilidade da lâmpada LED em comparação as lâmpadas fluorescentes tubulares. **Revista Uningá Review**, [s.], v. 33, n. 2, p. 165–175, 2018.

REBÊLO, M. M. P. S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. 2011. 111p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

RIBEIRO, L. P. **Conforto térmico e a prática do projeto de edificações: recomendações para Ribeirão Preto**. 2008. 149p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

RIO DE JANEIRO (Município). **Decreto nº35745, de 06 de junho de 2012.** Cria a qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção. Rio de Janeiro, 2012 a. Disponível em <http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis_consulta/42362Dec%2035745_2012.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Câmara Municipal. **Projeto de Lei nº1415/2012.** Estabelece benefícios fiscais para os empreendimentos que detenham a qualificação QUALIVERDE e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2012 b. Disponível em: <<https://mail.camara.rj.gov.br/Apl/Legislativos/scpro0711.nsf/b81c0dfaa7f9e978032577a10062c9cf/0711aea683fd2b8bb03257a1d0071dcf7?OpenDocument>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Câmara Municipal. **Projeto de Lei Complementar nº88/2012.** Estabelece benefícios edilícios para os empreendimentos que detenham a qualificação QUALIVERDE e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2012 c. Disponível em: <<https://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro0711.nsf/449a94f8ca1f125a832566ec00172e93/4d3e69e864d286ba03257a1d007499cf?OpenDocument>>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** 2. ed. São Paulo: Pro Editores, 2000.

ROSSI, M. A.; CINTRA, M. E. Aplicação de reuso de águas cinza em residências unifamiliar. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 15., 2015, Porto, Portugal. **Anais...**Porto, Portugal: COPEC, 2015, p. 120–125.

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

SANTOS, T. S.; BATISTA, M. C; POZZA, S. A; ROSSI, L. S. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 595–602, 2015.

SÃO CARLOS. Câmara Municipal. **Lei nº18.503, de 19 de dezembro de 2016.** Estabelece o plano Diretor do Município de São Carlos, e dá outras providências. São Carlos, 2016 a. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-sao-carlos-sp>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

SÃO CARLOS. Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano. **Plano diretor do município de São Carlos:** Macrozoneamento do município. São Carlos, 2016 b. 1 mapa, color. Escala: 1:60.000. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-sao-carlos-sp>> . Acesso em: 11 jul. 2020.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 23. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

SHIGUE, E. Z. **Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos.** 2018. 249p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros:** diretrizes e base metodológica. 2003. 210p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7–18, 2003.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33–46, 2004.

STEPHENS, K. A. et al. Re-inventing urban hydrology in British Columbia: runoff volume management for watershed protection. In: NATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM WATER: ENHANCING PROGRAMS AT THE LOCAL LEVEL, 2003, Chicago. **Proceedings...** Chicago: U.S. Environmental Protection Agency, 2003, p. 453–469.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

WCED – WORD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

ANEXOS

ANEXO A – Quadro Resumo Selo Casa Azul

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
	BRONZE	PRATA	OURO
1. QUALIDADE URBANA			
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	obrigatório		
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	obrigatório		
1.3 Melhorias no Entorno			
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas			
1.5 Reabilitação de Imóveis			
2. PROJETO E CONFORTO			
2.1 Paisagismo	obrigatório		
2.2 Flexibilidade de Projeto			
2.3 Relação com a Vizinhança			
2.4 Solução Alternativa de Transporte			
2.5 Local para Coleta Seletiva	obrigatório		
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	obrigatório		
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	obrigatório		
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	obrigatório		
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns			
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno			
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	obrigatório p/ HIS - até 3 s.m.	critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	obrigatório		
3.3 Sistema de Aquecimento Solar			
3.4 Sistemas de Aquecimento à Gás			
3.5 Medição Individualizada - Gás	obrigatório		
3.6 Elevadores Eficientes			
3.7 Eletrodomésticos Eficientes			
3.8 Fontes Alternativas de Energia			
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS			
4.1 Coordenação Modular			
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	obrigatório		
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados			
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	obrigatório		

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	BRONZE	PRATA	OURO
4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	obrigatório		
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada			
4.7 Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)			
4.8 Pavimentação com RCD			
4.9 Facilidade de Manutenção da Fachada			
4.10 Madeira Plantada ou Certificada			
5. GESTÃO DA ÁGUA			
5.1 Medição Individualizada - Água	obrigatório		
5.2 Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	obrigatório		
5.3 Dispositivos Economizadores - Arejadores			
5.4 Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão			
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais			
5.6 Retenção de Águas Pluviais			
5.7 Infiltração de Águas Pluviais			
5.8 Áreas Permeáveis	obrigatório		
6. PRÁTICAS SOCIAIS			
6.1 Educação para a Gestão de RCD	obrigatório	critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
6.2 Educação Ambiental dos Empregados	obrigatório		
6.3 Desenvolvimento Pessoal dos Empregados			
6.4 Capacitação Profissional dos Empregados			
6.5 Inclusão de trabalhadores locais			
6.6 Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto			
6.7 Orientação aos Moradores	obrigatório		
6.8 Educação Ambiental dos Moradores			
6.9 Capacitação para Gestão do Empreendimento			
6.10 Ações para Mitigação de Riscos Sociais			
6.11 Ações para a Geração de Emprego e Renda			

ANEXO B – Critérios Qualificação Qualiverde

Descrição Ação e componentes		pontos	Ação adotada
GESTÃO DA ÁGUA			
1	Dispositivos economizadores – registros de vazão Uso de arejadores e registros reguladores de vazão	2	
2	Dispositivos economizadores - descarga Uso de descarga de vasos sanitários com mecanismo de duplo acionamento	2	
3	Medidores individuais Individualização dos medidores de consumo de água nas edificações - Lei Complementar Nº 112 de 17 de março de 2011	1	
4	Sistema de reuso de águas servidas Sistema independente de reuso de águas servidas, constituído de tratamento, reservação e distribuição para bacias sanitárias - Lei Nº 5279 de 27 de junho de 2011	1	
5	Sistema de reuso de águas negras Sistema independente constituído de separador de águas cinzas e negras, tratamento, reservação e distribuição para bacias sanitárias	8	
6	Aproveitamento de águas pluviais Implantação de sistema de captação, reserva e distribuição de água não potável para atividades que não requeiram o uso de água tratada - Lei Nº 5279 de 27 de junho de 2011	1	
7	Infiltração – pavimentação permeável Utilização de pavimentos permeáveis em, pelo menos, 40% da área do passeio	2	
8	Retardo e infiltração de águas pluviais Construção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais - Decreto Nº 23940 de 30 de janeiro de 2004	1	
9	Ampliação de áreas permeáveis além do exigido por lei Acréscimo de mais 10% na Taxa de Permeabilidade além do percentual obrigatório pela legislação ou, nos casos em que não houver legislação, Taxa de Permeabilidade mínima exigida será igual a 30%	5	
EFICIENCIA ENERGETICA			
10	Aquecimento solar da água – SAS completo Instalação de conjunto formado por coletor solar, reservatório térmico, aquecimento auxiliar e acessórios interligados às prumadas e rede: 10.1 - Quando dimensionado para atender a trinta por cento (30%) de toda a demanda de água quente 10.2 - Quando dimensionado para atender a cinquenta por cento (50%) de toda a demanda de água quente 10.3 - Quando dimensionado para atender a cem por cento (100%) de toda a demanda de água quente	5 7 10	
11	Iluminação artificial eficiente	2	

	<p>11.1 – Iluminação da circulação nos pavimentos tipo e circulação vertical com utilização de lâmpadas tipo LED</p> <p>11.2 – Iluminação de toda área comum, exceto circulação vertical e circulação nos pavimentos-tipo, com utilização de lâmpadas tipo LED</p>	4	
12	<p>Iluminação natural eficiente</p> <p>Iluminação natural em 50% das áreas comuns (circulação social e de serviço nos pavimentos tipo)</p>	5	
13	<p>Eficiência do sistema de iluminação</p> <p>Instalação de sistemas de iluminação com distribuição em circuitos independentes e dispositivos economizadores, tais como sensores de presença</p>	2	
14	<p>Fontes alternativas de energia</p> <p>Iluminação de áreas comuns com uso de painéis solares fotovoltaicos</p>	5	
PROJETO			
15	<p>Telhados de cobertura verde</p> <p>Implantação de telhados verdes em toda a cobertura da edificação, sendo permitidas áreas destinadas à circulação ou locação de painéis de captação de energia solar</p>	5	
16	<p>Orientação ao Sol e Ventos</p> <p>Apresentação de estudos de insolação com soluções para sombreamento ou aquecimento das edificações e melhor aproveitamento e estratégias de uso da ventilação natural existente</p>	5	
17	<p>Afastamento das divisas</p> <p>Edificações acima de 5 pavimentos que estejam afastadas das divisas mesmo que a legislação vigente para o local permita o não afastamento; Embasamento afastado das divisas mesmo que a legislação vigente para o local permita o não afastamento</p>	2	
18	<p>Vedações adequadas à zona bioclimática 8</p> <p>Adoção de vedações externas leves refletoras, observando a NBR 15.220, que trata do zoneamento bioclimático brasileiro e do desempenho térmico das edificações</p>	1	
19	<p>Uso de Materiais Sustentáveis</p> <p>Uso de adesivos, selantes e tintas com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; e uso de madeiras certificadas ou de espécies exóticas plantadas</p>	3	
20	<p>Conforto acústico</p> <p>Adoção de materiais construtivos e de revestimento que propiciem proteção acústica, minimizando a reverberação e permitindo maior absorção sonora dos ruídos externos.</p> <p>20.1 – Revestimento com isolamento especial nas paredes divisórias e tratamento acústico dos compartimentos que gerem desconforto</p> <p>20.2 – Adoção de esquadrias externas com tratamento acústico</p>	2 5	
21	<p>Isolamento térmico</p> <p>Utilização de sistema de isolamento térmico nas fachadas da edificação</p>	3	
22	<p>Plano de Redução de Impactos Ambientais no canteiro de obras</p> <p>Apresentação de um Plano de Redução de Impactos ambientais contemplando um conjunto de medidas que visem a minimização de impactos à vizinhança durante a obra, como ruído, poeira, sujeira do entorno, cumprimento de horários</p>	3	
23	<p>Reaproveitamento de resíduos no canteiro de obras</p> <p>Apresentação de plano da utilização de resíduos sólidos oriundos de demolição local no próprio terreno da</p>	3	

	obra e utilização de material terroso (quando não contaminado), no próprio terreno da obra		
24	Implantação de bicicletários e estrutura de apoio		
	<p>24.1- Em edificações comerciais e institucionais, nº de vagas para bicicleta a partir de 20% e até 30% do total de vagas para automóveis; em edificações residenciais, 50% do número de apartamentos</p> <p>24.2 - Em edificações comerciais e institucionais, nº de vagas para bicicleta a partir de 30% do total de vagas para automóveis; em edificações residenciais, 100% do número de apartamentos</p>	1	
25	Previsão de compartimento para coleta seletiva de lixo:		
	<p>25.1 - Espaço ventilado e de fácil acesso com revestimento em material lavável e ponto de água, se localizado no térreo</p> <p>25.2 - Espaço ventilado e de fácil acesso com revestimento em material lavável, se localizado nos pavimentos</p>	3	
26	Plantio de espécies vegetais nativas		
	Uso de espécies vegetais nativas para sombreamento do passeio com espaçamento mínimo de 6m ou definido em função da copa	1	
27	Ventilação natural de banheiros		
	<p>27.1 - Existência de janela voltada para o exterior ou prisma do edifício em todos os banheiros da edificação (exceto lavabos)</p> <p>27.2 - Existência de janela voltada para o exterior ou prisma do edifício em 50% dos banheiros da edificação (exceto lavabos)</p>	2	
28	Adequação às condições físicas do terreno		
	Implantação do prédio com manutenção de vegetação existente e minimização de alteração da morfologia do terreno	2	
29	Sistema de fachadas		
	Previsão de sistema de proteção e sombreamento de fachadas	4	
30	Vagas para veículos elétricos		
	Previsão de vagas dotadas de sinalização e estrutura para recarregamento de veículos elétricos	1	
31	Estruturas metálicas		
	Utilização de estruturas metálicas em substituição ao concreto convencional	8	

I	Bonificação retrofit	15	
II	Medição individualizada em prédios existentes e/ou retrofit	2	
III	Reservatório de retardo	3	
IV	Selo de certificação de construções sustentáveis	5	
V	Inovações tecnológicas (bonificação por inovação)	1	

ANEXO C – Questionário aos projetistas

QUESTIONÁRIO AOS REPRESENTANTES DO ESCRITÓRIO IPÊ-AMARELO ARQUITEUTRA E ENGENHARIA

Questionário para o Trabalho de Conclusão de Curso “Utilização de Técnicas Projetuais e Construtivas de Baixo Impacto Ambiental: Estudo de Caso em Edificação Unifamiliar”, desenvolvido pela discente Letícia Valvassori e orientado pela Profa. Dra. Sandra Regina Mota Silva.

Nomes: **Tatiana Della Nina Tibiriçá e Fernando Machado Gonçalves da Silva**

Data de entrega do questionário respondido: 18/05/2021

1) As madeiras utilizadas na edificação possuem certificação?

Resposta: As madeiras utilizadas não possuem certificação florestal, no entanto sua origem é de Plano Florestal Sustentável (veja mais em <https://agropos.com.br/manejo-florestal/>).

A madeira possui Nota Fiscal e DOF – Documento de Origem Florestal – (veja mais em <http://www.ibama.gov.br/flora-e-madeira/dof/o-que-e-dof>).

A empresa que explorou a floresta e fez a serragem das peças possuía certificação FSC, porém, por motivos econômicos optou por sair da certificação.

2) Considerando que as madeiras utilizadas foram extraídas na região Norte, tendo em vista as exigências de transporte e suas decorrências na esfera ambiental, seria possível, por exemplo, o uso de madeiras engenheiradas, provenientes de florestas plantadas e processamentos industriais realizados aqui no Estado de São Paulo?

Resposta: Não entendemos que o uso da madeira, nas condições que foram utilizadas, causem um dano na esfera ambiental. Respondendo sua pergunta, poderíamos usar a madeira engenheirada (que nem sempre é plantada no estado de São Paulo), porém, o valor da estrutura da obra ultrapassaria a capacidade de pagamento dos clientes, ou teríamos que reduzir muito a metragem quadrada da residência, para utilizar esse material. Visto que o custo dele, na época, estava mais que o dobro – por m² – e as seções estruturais de madeiras engenheiradas são bem maiores que as de florestas nativas utilizadas na obra.

- 3) A infiltração das águas cinzas oriundas do banheiro ocorre em um local diferente das águas cinzas provenientes da cozinha e lavanderia, que possuem maior quantidade de matéria orgânica. Essa separação foi pensada considerando esse fator (por exemplo, pelo tipo de vegetação próxima ao local de infiltração), ou apenas pela distribuição espacial?

Resposta: Apenas pela disposição física, uma vez que o terreno permitia isso pois possui uma área muito grande e não iria interferir em outros usos do espaço. A divisão em águas cinzas e negras foi pensada, pois a carga orgânica das águas servidas da cozinha e lavanderia são bem menores que as águas servidas dos banheiros. Desta forma, o sistema de tratamento de esgoto que vem do banheiro pode ser menor, reduzindo o consumo de materiais e mão de obra.

- 4) O shed foi empregue como um recurso para iluminação, além da parte estética. Chegou-se a considerar também, no momento de projeto, seu uso como recurso para ventilação?

Resposta: Esta iluminação natural, através deste elemento estrutural, poderia sim ser usado para ventilação. No entanto, a altura deste elemento foi fator restritivo para a escolha e implantação de um sistema eficiente de abertura, principalmente por ser tratar de uma esquadria em madeira. Atualmente, existem opções de automatização para esquadrias altas, porém todas elas são para materiais como o PVC e o alumínio. Desta forma, optamos por utilizar os vãos deste elemento estrutural, apenas para iluminação e estética.

- 5) Para as vedações verticais, ademais da alvenaria estrutural, foram empregues diferentes alvenarias, com tijolos maciços de duas espessuras e blocos cerâmicos, e também, em uma área menor, a taipa. Quais os principais motivos para a adoção dessa diversidade de soluções? A taipa foi empregue por algum fator específico?

Resposta: Com relação aos tijolos cerâmicos maciços eles foram reaproveitados de outras construções (edificações que foram demolidas na cidade de São Carlos, sem interesse histórico), por isso possuem tamanhos diferentes. Nos locais onde entendemos que deveríamos ter maior inércia térmica utilizamos os tijolos mais largos.

Com relação ao bloco cerâmico de vedação, utilizamos em alguns locais mais altos, pois são mais leves que os tijolos maciços. A taipa foi utilizada em algumas regiões onde a parede estava mais protegida e onde poderia ficar parcialmente aparente, para

ilustrar o uso da técnica e ser um incentivo a difundi-la, ou ainda meramente informativo e estético.

- 6) Quais as soluções adotadas no projeto e incorporadas na edificação que consideram ter maior efetividade na redução dos impactos ambientais?

Respostas:

A) O uso da alvenaria cerâmica estrutural foi uma das alternativas escolhidas para a redução na produção de entulho, na redução do uso de formas em madeira para concretagem dos elementos estruturais, concepção e facilidade nas instalações hidrossanitárias e elétricas da edificação, assim como a agilidade da produção da obra.

B) A utilização da madeira como elemento estrutural, foi outro fator de redução de impacto ambiental, considerando que é um material pré-concebido, de montagem seca e, ainda, um recurso renovável.

C) A elaboração de todos os projetos executivos para a execução da obra, também minimizam escolhas sem planejamento e desperdício de recursos.

D) Iluminação e ventilação naturais também são fatores de menor impacto ambiental, favorecendo os recursos naturais disponíveis e minimizando outros, que gerariam maior impacto.

E) Sistemas solares, de aquecimento e microgeração de energia também foram considerados.

F) Escolha de metais adequados, com menor desperdício de água, como os monocomandos de lavatórios e chuveiros.

G) Instalações elétricas que já previam a utilização de lâmpadas LEDs, para reduzir o consumo de energia, assim como demais equipamentos domésticos, com o mesmo objetivo.

- 7) Dentre as soluções que buscam reduzir o impacto ambiental de uma edificação, houve algo que foi pensado na fase de projeto, mas que não foi possível viabilizar? Caso sim, por quais fatores?

Resposta: Sim. Pensamos em captar e reutilizar as águas pluviais, no entanto, no local onde a edificação se encontra – loteamento residencial de chácaras, fora da área urbana consolidada – e com grande área verde e permeável, em todo seu arredor, não fazia sentido e necessidade a implantação deste sistema.

- 8) Se o projeto estivesse em desenvolvimento hoje, teriam algo que modificariam e/ou acrescentariam?

Resposta: Não.

- 9) Como escritório de Arquitetura e Engenharia que prioriza práticas mais sustentáveis, na visão de vocês, quais seriam os principais fatores que dificultam a implantação de soluções com menor impacto ambiental nas construções residenciais?

Resposta: Quando falamos em “projetos e construções mais sustentáveis” estamos englobando o máximo das dimensões da sustentabilidade, que podemos abranger. No entanto, cada edificação é única, assim como os usuários que nela irão habitar ou frequentar. Desta forma, as práticas “mais sustentáveis” começam no atendimento ao cliente, em dar “ouvidos e voz” às suas vontades e necessidades. A partir de então, mapeamos quais recursos de menor impacto ambiental e social podemos adotar para aquela edificação, seja ela residencial ou comercial ou, ainda, institucional. As diversas dimensões – econômica, cultural, social, ambiental, geográfica ou outras que puderem ser abrangidas – devem ser colocadas na “balança” neste momento. Por este equilíbrio, em cada caso, é que muitas vezes a dimensão econômica ou cultural, acabam “barrando” recursos de menor impacto ambiental, pois algumas vezes os clientes não estão culturalmente “adaptados” a estas opções existentes, ou ainda, faltam recursos econômicos para tanto.

- 10) Espaço para comentários e observações que considerem pertinentes:

Resposta: Agradecemos pelo interesse em pesquisar uma edificação projetada e executada por nós, da Ipê-Amarelo. Estaremos à disposição para ajudarmos ou contribuirmos no que for possível ou necessário. O desejo em ser sempre “mais sustentável” e deixar um mundo melhor para as futuras gerações, sempre nos motiva. Grande abraço!

ANEXO D – Questionário aos proprietários da edificação

QUESTIONÁRIO AOS PROPRIETÁRIOS DA EDIFICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Questionário para o Trabalho de Conclusão de Curso “Utilização de Técnicas Projetuais e Construtivas de Baixo Impacto Ambiental: Estudo de Caso em Edificação Unifamiliar”, desenvolvido pela discente Letícia Valvassori e orientado pela Profa. Dra. Sandra Regina Mota Silva.

Nome: **Haydée Torres de Oliveira**

Data de entrega do questionário respondido: 16/04/2021

- a) Referente ao conforto térmico da casa, há necessidade do uso de soluções ativas – como ar-condicionado, ventiladores, aquecedores e/ou umidificadores?

Resposta: A casa é muito confortável termicamente, não havendo necessidade dos equipamentos citados, exceto em alguns poucos dias no ápice do inverno, em que foi preciso usar um aquecedor.

- b) Quanto ao conforto lumínico, há algum cômodo da casa em que é necessário uso de iluminação artificial durante o período diurno, ou, por outro lado, em que a haja demasiada iluminação natural?

Resposta: Na pia da cozinha é comum acendermos as luzes mesmo durante o dia. Na área em que está colocada a mesa de jantar em dias nublados é necessário acender algumas luzes. Não identificamos cômodos com iluminação excessiva.

- c) No que concerne ao aproveitamento das águas pluviais, a capacidade de armazenamento atual supre a demanda? Caso não, considera-se a expansão do sistema com, por exemplo, a colocação de mais tanques de armazenamento ou execução do sistema previsto para o futuro no projeto (com cisterna)?

Resposta: Na realidade, a instalação deste sistema foi mesmo com o intuito de demonstração, o aproveitamento total não foi projetado, na medida em que a escolha de encaminhamento da água de chuva dos telhados foi a drenagem e infiltração no solo,

solução que nos agrada, esteticamente (faixas de seixos de rio na lateral, fundos e frente da casa).

De modo geral, na maioria das chuvas o barril se enche e chega a extravasar (assim, o volume de armazenamento é insuficiente). Por outro lado, não há uma demanda regular de uso da água, que às vezes fica períodos longos armazenada.

Não pretendemos nem expandir o sistema, nem implementar o projeto original com cisterna e bombeamento.

d) Está no planejamento a implantação do telhado verde?

Resposta: Sim, embora até o momento (1 ano e 8 meses de ocupação) ainda não investimos na sua implementação, por falta de tempo, pois as outras áreas de plantio têm demandado bastante trabalho de implantação e manutenção (considerando o tempo que temos disponível para nos dedicarmos a este tópico). Também neste caso, o telhado verde, que ocupa uma área da cobertura bem pequena, tem um objetivo mais demonstrativo.

e) Durante o projeto e execução, houve alguma medida/solução visando o aspecto ambiental que pensaram em implantar, mas que não foi viabilizada? Por outro lado, houve algo que não haviam pensado anteriormente, mas que surgiu durante o desenvolvimento do projeto? Caso sim, explicar.

Resposta: Não viabilizada: utilização de adobe, como eram espaços pequenos com uso de tijolo de demolição, taipa e adobe, o adobe acabou não se viabilizando. O que surgiu no processo foi a instalação do tanque de captação e armazenamento da água de chuva.

f) Na vivência pós-ocupação, as expectativas quanto ao desempenho das soluções empregues foram atingidas? Explicar.

Resposta: Sim, foram atendidas, na sua quase totalidade. Duas exceções: no piso da área externa feito com tijolos usados, alguns tijolos estão esfarelando e necessitarão ser substituídos em breve. Uma outra é sobre a eficiência das descargas nos vasos sanitários dos 2 banheiros (compramos usados as bacias, as cubas e uma pia de mármore que foi instalada na área externa, de uma reforma que a Ipê Amarelo estava fazendo na época). Porém, as descargas das bacias não são muito eficientes, demandando às vezes novos acionamentos.

- g)** Quais as medidas e soluções empregues que acharam mais e menos eficientes (com enfoque no aspecto ambiental, mas considerando-se também outros âmbitos da sustentabilidade)? Por quais motivos?

Resposta: Mais eficientes: materiais construtivos alternativos, gestão das águas pluviais (captação e infiltração), tratamento de esgotos, aquecimento solar, conforto térmico, interação com a vegetação do entorno. Uma “eficiência” que avaliamos como muito boa foi o planejamento prévio (durante anos) que permitiu uma ocupação do terreno bastante interessante, sem grandes intervenções no momento da implantação da casa (retirada de vegetação, movimentação de terra etc.)

Menos eficientes: aproveitamento da água pluvial (já discutida) e geração de energia a partir das placas solares. Neste último caso, a baixa eficiência é em termos financeiros (as projeções de retorno do investimento em alguns anos não devem ocorrer, devido ao baixo consumo, associado às taxas mínimas a pagar) e também da tipologia do sistema, “on grid” (quando cai o fornecimento de energia da rede, pensávamos que a geração local poderia ser mantida, mas ela cai também, pois não há baterias). De qualquer forma a sensação de poder gerar a própria energia é muito boa.

- h)** Se o projeto estivesse em desenvolvimento hoje, teriam algo que modificariam e/ou acrescentariam?

Resposta: Sim.

1) Na parte das janelas mais altas, na sala, faríamos sistema de abertura (basculante) para evitar que pequenos animais voadores fiquem presos ali (besouros, libélulas, mariposas e até beija-flores), podendo melhorar ainda mais a ventilação e o conforto térmico.

Outro cuidado necessário nos cômodos com forro de madeira seria instalar desde o início soluções que evitem que morcegos instalem suas casas ali (quarto de casal, principalmente). Tivemos de chamar o mestre de obras para rever o telhado, procurando eventuais aberturas, que foram preenchidas (com um tipo de espuma) e também foram instaladas telhas de vidro para aumentar a iluminação e afugentar os morcegos. Melhorou, mas não resolveu totalmente.

2) colocaríamos algum dispositivo no pergolado da frente para proteger da chuva as esquadrias de madeira da janela do escritório/quarto da frente (o próprio engenheiro Fernando sugeriu).

3) aumentaríamos a área de depósito externo para abrigar ferramentas, cortadores de grama e afins, além de bicicletas e outros materiais; será necessário prever alguma edificação anexa.

- i) Diante da experiência de morar em uma casa com soluções que buscam a redução do impacto ambiental, há alguma observação (positiva ou negativa) que gostariam de comentar, em comparação com edificações que não têm esse enfoque?

Resposta: O que ainda nos intriga é a não obviedade e/ou uma certa invisibilidade das soluções empregadas no projeto. Talvez nisso resida seu maior diferencial, ou seja, não é uma casa que as pessoas olhem e imediatamente percebam as escolhas menos impactantes que foram feitas, o que pode ser visto como positivo para quem não quer inovar “demais” (tipo paredes com aproveitamento de garrafas de vidro ou garrafas PET, ou outras opções nessa linha), mas, ao mesmo tempo, elas são “invisíveis” a um olhar mais leigo, sendo necessário mostrar e explicar cada solução empregada, ou seja, algo tão valioso do nosso ponto de vista poderia passar despercebido.

- j) Espaço para comentários e observações que considerem pertinentes:

Resposta: consideramos este estudo extremamente importante para dar visibilidade às possibilidades de uma construção civil alinhada com princípios de sustentabilidade. Nosso desejo é ter um “manual explicativo e ilustrado” que pudéssemos mostrar para as pessoas que chegam até nossa casa ou que quisessem conhecer o projeto, seria fantástico!