



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES

**ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE
ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO UNIFAMILIAR COM
CONCEITOS SUSTENTÁVEIS INTEGRADOS**

JOÃO PESSOA - PB
2017

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES

**ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE ANTEPROJETO
ARQUITETÔNICO UNIFAMILIAR COM
CONCEITOS SUSTENTÁVEIS INTEGRADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, linha de pesquisa em Meio Ambiente, Economia e Aproveitamento Energético, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador(a)
Dr(a). Kelly Cristiane Gomes da Silva

**JOÃO PESSOA - PB
2017**

A161e Abrantes, Rafael de Carvalho Costa.
 Elaboração e análise de viabilidade de anteprojeto
 arquitetônico unifamiliar com conceitos sustentáveis integrados /
 Rafael de Carvalho Costa Abrantes.- João Pessoa, 2017.
 135 f. : il.-

 Orientadora: Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.
 Dissertação (Mestrado) – UFPB/CEAR

 1. Arquitetura. 2. Construção. 3. Sustentabilidade.
 4. Energias Renováveis. I Título.

UFPB/BC

CDU – 72(043)

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES

**ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE ANTEPROJETO
ARQUITETÔNICO UNIFAMILIAR COM
CONCEITOS SUSTENTÁVEIS INTEGRADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, linha de pesquisa em Meio Ambiente, Economia e Aproveitamento Energético, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 03 de fevereiro de 2017.

Dr(a). Kelly Cristiane Gomes da Silva
UFPB
Orientador

Dr(a). Monica Carvalho
UFPB
Examinador Interno

Dr. Antônio da Silva Sobrinho Júnior
UNIPÊ
Examinador Externo

**JOÃO PESSOA - PB
2017**

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Heitor que já espero com tanto
amor e ansiedade.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, pela saúde e força dada para conseguir chegar até aqui e continuar a fazer o que escolhi, além das inúmeras oportunidades oferecidas que sempre têm dado certo.

À toda minha família, pela paciência, esforço e dedicação para que eu pudesse ter sempre uma educação digna e de qualidade. Especialmente à minha mãe Cristiane, meu pai Raniery, minha irmã Marina e minha avó Telma que tanto me ajudaram nas convivências diárias mais difíceis.

Ao meu avô Edilson (*in memoriam*), meu segundo pai, sempre presente na minha memória.

À Gabriella pelo amor, carinho, cumplicidade e cuidados oferecidos.

Aos meus verdadeiros amigos pela força e compreensão nas horas de aperto, fossem na universidade ou em nossas convivências.

Aos colegas de turma por todo companheirismo compartilhado ao longo do curso.

À minha orientadora Kelly Gomes, sempre prestativa, amiga e paciente, que abraçou o trabalho desde o início e sempre se esforçou para que eu pudesse desenvolvê-lo da melhor forma possível.

À professora Monica Carvalho pelo auxílio dado na utilização de softwares, elaboração de artigos e plantões de dúvidas.

À Raoni pela consultoria e sempre disposição em ajudar e contribuir da melhor maneira possível ao trabalho.

ABRANTES, R.C.C. Elaboração e Análise de Viabilidade de Anteprojeto Arquitetônico Unifamiliar com Conceitos Sustentáveis Integrados. João Pessoa-PB, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro de 2017. 135f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis. Orientadora: Profa. Dra. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

RESUMO

O presente trabalho consiste na elaboração de um anteprojeto de uma residência unifamiliar (para três ou quatro habitantes) com conceitos sustentáveis acoplados, localizada no Bairro dos Estados na cidade de João Pessoa – PB. Este projeto de arquitetura sustentável dedicou-se a uma cultura de projeto emergente, com objetivo de preparar futuros arquitetos e projetistas em geral a responderem questões econômicas, sociais e ambientais que os mesmos se depararão para conviverem com os recursos de um único planeta. Justifica-se o interesse pelo tema, o atual papel que as energias renováveis estão exercendo no cenário brasileiro, mas que nem sempre são da maneira satisfatória e mais eficiente possível, principalmente quando estão integradas à arquitetura. Nesse anteprojeto, faz-se uma breve abordagem do contexto da sustentabilidade no Brasil, arquitetura bioclimática e seus conceitos, análise de projetos correlatos e como esses temas estão relacionados com as energias renováveis, para que o anteprojeto arquitetônico seja elaborado com a maior integração e eficiência possível desses conteúdos. O estudo considerou a avaliação de ciclo de vida do tipo cradle-to-gate, que se mostrou como importante ferramenta de análise e escolha de materiais, devido principalmente às preocupações ambientais relacionadas aos processos de produção. A integração projetual dos projetos complementares e a racionalidade construtiva também foram fundamentais para o bom desenvolvimento do projeto e mitigação de descarte de resíduos, problemas ambientais e melhor aproveitamento dos materiais empregados. Constatou-se que as dificuldades encontradas nos meios urbanos, técnicos, financeiros, burocráticos, nem sempre permitem serem levados em consideração os critérios sustentáveis abordados por esse trabalho, mas pretende-se por meio deste ajudar a minimizar as dificuldades encontradas na busca de uma arquitetura mais limpa e consciente para a humanidade.

Palavras-Chave: Arquitetura. Construção. Sustentabilidade. Energias Renováveis.

ABRANTES, R.C.C. Elaboração e Análise de Viabilidade de Anteprojeto Arquitetônico Unifamiliar com Conceitos Sustentáveis Integrados. João Pessoa-PB, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro de 2017. 135f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis. Orientadora: Profa. Dra. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

ABSTRACT

The present work consists in the elaboration of a preliminary project of a single family dwelling (for three or four inhabitants) with sustainable concepts coupled, located in the District of the States in the city of. This sustainable architecture project has been dedicated to an emerging project culture designed to prepare future architects and designers in general to respond to economic, social and environmental issues that they will face to cope with the resources of a single planet. Interest in the theme is justified, the current role that renewable energies are exerting in the Brazilian scenario, but they are not always in the most satisfactory and efficient way possible, especially when they are integrated into the architecture. In this preliminary project, a brief analysis is made of the context of sustainability in Brazil, bioclimatic architecture and its concepts, analysis of related projects and how these themes are related to renewable energies, so that the architectural design is elaborated with greater integration and efficiency Of these contents. The study considered the cradle-to-gate life cycle analysis, which proved to be an important tool for analysis and choice of materials, mainly due to the environmental concerns related to the production processes. The design integration of the complementary projects and the constructive rationality were also fundamental for the good development of the project and mitigation of waste disposal, environmental problems and better use of the materials used. It was found that the difficulties encountered in urban, technical, financial and bureaucratic environments do not always allow the sustainable criteria addressed by this work to be taken into account, but it is intended to help minimize the difficulties encountered in the search for an architecture Cleaner and more conscientious for humanity.

Keywords: Architecture. Construction. Sustainability. Renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Oca indígena.....	21
Figura 2. Iglu.	21
Figura 3. Matriz elétrica brasileira.	24
Figura 4. Avanço da participação de renováveis na matriz elétrica brasileira.	24
Figura 5. Consumo residencial brasileiro de energia.	25
Figura 6. Hospital Sarah Kubitschek de Salvador visto de cima.....	29
Figura 7. Evolução do desenvolvimento dos <i>sheds</i> por Lelé.	30
Figura 8. Circulação de ar através do <i>shed</i>	31
Figura 9. Distribuição dos <i>sheds</i> ao longo de um corte longitudinal.	31
Figura 10. Corredor de circulação da Rede Sarah Kubitschek de Salvador.....	32
Figura 11. Área de refeitório da Rede Sarah Kubitschek de Salvador.	32
Figura 12. Vista da fachada leste da Casa Lee.	33
Figura 13. Planta baixa Casa Lee.	33
Figura 14. Sala de estar integrada à área externa.	34
Figura 15. Fachada leste com parte dos muxarabis abertos.	34
Figura 16. Planta baixa Casa Yantaló.....	35
Figura 17. Maquete eletrônica da Casa Yantaló.....	36
Figura 18. Detalhe da coberta Casa Yantaló.	36
Figura 19. Localização da cidade de João Pessoa (em laranja e ampliado) no Estado da Paraíba e no mapa do Brasil (canto inferior direito).	38
Figura 20. Marcação da poligonal (em vermelho) de limite do Bairro dos Estados na cidade de João Pessoa.	38
Figura 21. Croqui de localização e overlay, respectivamente, do terreno em estudo.	39
Figura 22. Panorâmica da rua do terreno em estudo.	39
Figura 23. Imagem interna do terreno em estudo.....	40
Figura 24. Mapa de uso e ocupação do solo do entorno imediato ao terreno em estudo. ...	41
Figura 25. Principais avenidas de acesso ao Bairro dos Estados e à área em estudo.	42
Figura 26. Mapa de zoneamento Faixa A da cidade de João Pessoa.....	43
Figura 27. Mapa de macrozoneamento da cidade de João Pessoa.	43
Figura 28. Diagrama climático de radiação máximas, médias e mínimas do Estado da Paraíba.	47

Figura 29. Diagrama climático da frequência dos ventos do Estado da Paraíba.....	47
Figura 30. Esquema de orientação solar e direção dos ventos.	48
Figura 31. Planta baixa de layout da residência em estudo.	49
Figura 32. Esquemas de ventilação cruzada em cortes perspectivados.....	49
Figura 33. Perspectivas externas da residência em estudo.	50
Figura 34. Perspectivas internas da residência em estudo.....	50
Figura 35. Sapata isolada em formato piramidal.....	51
Figura 36. Modulação de pilar escolhida.....	52
Figura 37. Modulação adotada para estrutura.	53
Figura 38. Corte em perspectiva do tipo de laje escolhida para residência em estudo.	54
Figura 39. Sistema racionalizado de vedação.....	55
Figura 40. Esquema de passagem dos eletrodutos pelo interior do bloco.	55
Figura 41. Planta baixa marcação de alvenaria (ver completa na Prancha 08 no fim deste trabalho).....	56
Figura 42. Corte de parede externa (ver completo na Prancha 09 no fim deste trabalho). .	56
Figura 43. Perspectiva aérea da fachada norte.	59
Figura 44. Estrutura de uma telha termoacústica (telha sanduíche).	60
Figura 45. Esquadrias de madeira utilizadas na residência.	62
Figura 46. Corte longitudinal esquemático de fontes de ruído provindos de áreas externas à residência.	63
Figura 47. Planta baixa de pontos elétricos com ampliação.....	64
Figura 48. Planta baixa de pontos hidráulicos com ampliação.....	67
Figura 49. Sequência do funcionamento do sistema de águas pluviais.	69
Figura 50. Fachadas frontal e posterior, respectivamente, mostrando sombreamento gerado pelas árvores propostas.....	72
Figura 51. Planta baixa de quarto acessível reversível.	73
Figura 52. Componentes de um sistema fotovoltaico.....	78
Figura 53. Esquema de funcionamento de um sistema conectado à rede.....	78
Figura 54. Planta de cobertura com localização dos oito painéis fotovoltaicos (em laranja). 80	
Figura 55. Estudo de insolação feito por meio do software SketchUp para locação dos painéis fotovoltaicos.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Recuos obrigatórios para uso R1.	44
Tabela 2. Sistemas de iluminação.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Domicílios de acordo com o número de pessoas neles residem.....	45
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPC	Associação Brasileira de Cimento Portland
ACV	Análise de Ciclo de Vida
CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPII	Cimento Portland II
CPVC	Policloreto de Vinila Clorado
EPS	Poliestireno Expandido
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
ISSO	International Organization for Standardization
LES	Laboratório de Energia Solar
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
OCDE	Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCD	Pessoa Com deficiência
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de Vinila
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RENURB	Companhia de Renovação Urbana
TUE	Tomadas de Usos Específicos
TUG	Tomadas de Uso Geral
ZAP	Zona Adensável Prioritária
ZR1	Zona Residencial 01

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	18
3.2. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	19
3.3. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL E ARQUITETURA ECOLÓGICA	20
3.4. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	22
3.5. ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O SETOR RESIDENCIAL	23
4. METODOLOGIA.....	27
4.1. PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS	27
4.2. ANÁLISE DE PROJETOS CORRELATOS	27
4.3. ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO	27
4.4. ELABORAÇÃO DOS PROJETOS COMPLEMENTARES	27
4.5. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV).....	28
5. REFERENCIAL PROJETUAL – PROJETOS CORRELATOS.....	29
5.1. HOSPITAL SARAH KUBITSCHKE (SALVADOR, BAHIA – BRASIL).....	29
5.2. CASA LEE (PORTO FELIZ, SÃO PAULO – BRASIL)	33
5.3. YANTALÓ VOLUNTEER HOUSE (YANTALÓ, SAN MARTÍN – PERU)	34
6. ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO	37
6.1. ESCOLHA DO LOCAL	37
6.2. ENTORNO IMEDIATO – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	40
6.3. ACESSOS.....	41
6.4. CONDICIONANTES LEGAIS – LIMITAÇÕES E PERMISSÕES	42
6.5. PROGRAMA DE NECESSIDADES	44
6.6. ORIENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO, ABERTURAS E JANELAS.....	45

6.7.	PRÉ-LANÇAMENTO ESTRUTURAL E RACIONALIDADE CONSTRUTIVA NO ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO	50
6.8.	PISOS, PAREDES E REVESTIMENTOS	57
6.9.	TELHADOS E COBERTURAS.....	58
6.10.	ESQUADRIAS	60
6.11.	CONFORTO ACÚSTICO.....	62
6.12.	INSTALAÇÕES PREDIAIS	63
6.12.1.	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E PROJETO LUMINOTÉCNICO	63
6.12.2.	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS.....	66
6.12.3.	INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO	70
6.13.	ESPAÇOS EXTERNOS E PAISAGISMO	71
6.14.	ACESSIBILIDADE.....	72
6.15.	ENERGIAS RENOVÁVEIS	73
6.15.1.	AQUECIMENTO SOLAR (SISTEMA DE ACUMULAÇÃO)	73
6.15.2.	GERAÇÃO DE ENERGIA (SISTEMA FOTOVOLTAICO)	76
6.16.	AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV).....	83
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
8.	REFERÊNCIAS.....	86
	APÊNDICE A – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	95
	APÊNDICE B – INSTALAÇÕES LUMINOTÉCNICAS	99
	APÊNDICE C – INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA	101
	APÊNDICE D – INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA QUENTE	104
	APÊNDICE E – ÁGUAS PLUVIAIS.....	106
	ANEXO A – PROPOSTA DE ORÇAMENTO (AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA A VÁCUO).....	108
	ANEXO B – SIMULAÇÃO DE CONSUMO RESIDENCIAL	109
	ANEXO C – ORÇAMENTOS E ESPECIFICAÇÕES DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	110
	ANEXO D – ARTIGO AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA.....	115

1. INTRODUÇÃO

Desde que os seres humanos começaram a construir, as relações entre o ambiente construído e o ambiente natural geralmente são observadas pelo ponto de vista de quais serão os efeitos da natureza sobre as edificações (JONES, 2016). É evidente que as edificações são responsáveis por um enorme passivo ambiental. As decisões tomadas durante as fases de projeto, construção, reforma e manutenção das casas têm efeitos diretos de longo prazo sobre muitos aspectos do nosso meio ambiente (qualidade do ar, saúde, recursos naturais, uso da terra, qualidade da água, uso da energia, etc.) (KRUGER; SEVILLE, 2016). Estes efeitos podem ser observados nas últimas décadas do século XX que tiveram as mais altas temperaturas médias do último milênio, havendo claros indícios de intensificação das variações climáticas e da ocorrência de eventos extremos (secas, enchentes, furacões, etc.) (FERREIRA, 2014).

O movimento da construção sustentável vem respondendo a essa degradação ambiental desde o embargo do petróleo imposto pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) na década de 1970 (KEELER; BURKE, 2010). Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção. Quando o desejo de melhorar as edificações, em especial, as residências, está aliado à boa técnica, os resultados da obra são duráveis e o dinheiro investido retorna na forma de um ambiente mais saudável e uma valorização do patrimônio familiar (ABCP, 2013a). Tais aspectos ambientais, somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre construção e meio ambiente (BRASIL, 2016).

O sonho da construção da casa própria pela maioria da população faz com que se tenha uma maior exigência, não só com os aspectos construtivos, mas também com a qualidade de vida que se terá por vários anos. A relação com a rua e a vizinhança, o cheiro característico do jardim, o tato com os diferentes revestimentos, a distância percorrida para o trabalho, o comércio de fácil acesso, dentre outros, faz parte do conjunto arquitetônico da casa na hora de decidir onde se irá morar (CORBELLÀ; CORNER, 2011).

Essas características despertarão o prazer de se viver em uma residência dita “sustentável”, onde o porte, acabamentos de primeira qualidade e luxos em geral não serão mais protagonistas de um bom projeto de arquitetura. Como afirmado por Susanka (2016), “[...] uma casa menor, mas bem projetada, tem, na verdade, uma vida útil mais longa do que outra significativamente maior, porque os espaços se complementam como um todo

integrado, perfeitamente adequado à vida dos moradores.”.

Desta forma, a ideia de sustentabilidade impulsiona a inovação, estimula a busca por novas tecnologias e promove o surgimento de novos nichos de mercado (CNI, 2012). Diante de tais fatos, levando-se sempre em consideração os condicionantes legais e as questões climáticas, faz-se urgente a adoção de práticas que possibilitem a produção de uma arquitetura sustentável, de baixo consumo energético, que ajude a mitigar impactos de extração de materiais, otimização do consumo de água e energia, racionalidade construtiva, dentre outros.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elaboração e análise de viabilidade de um anteprojeto arquitetônico residencial unifamiliar localizado na cidade de João Pessoa, Paraíba, com princípios sustentáveis integrados de forma inteligente a fim de garantir sua autossuficiência.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceber o anteprojeto visando a redução do consumo e eficiência da residência, especificando-se equipamentos apropriados e métodos de construção que reduzam o consumo de energia necessário para se viver nessa residência, tais como, a otimização da malha estrutural e a quantidade de material empregado;
- Selecionar materiais que exijam o mínimo de impacto ambiental, manutenção e uso de energia, priorizando o uso de materiais renováveis, reutilizáveis e recicláveis;
- Reduzir o consumo de água usada dentro e fora da casa por meio de mecanismos e estratégias de maior eficiência, tais como: coleta e conservação das águas das chuvas com consequente aproveitamento das mesmas para certos usos (descarga de bacias sanitárias, rega de jardins e áreas externas);
- Desenvolver a Eficiência Energética da Edificação em aspectos de obtenção de energia solar passiva, estudos de otimização da orientação solar da residência, e ventilação natural para garantir o conforto térmico aos ambientes;
- Aplicar o uso de energias renováveis no desenvolvimento do anteprojeto, principalmente com o uso de painéis fotovoltaicos e coletores solares para geração de energia elétrica e aquecimento de águas;
- Promover uso acessível dos ambientes a todos os usuários, facilitando o deslocamento de pessoas com necessidades especiais ou com dificuldades de locomoção;
- Comparar e selecionar por meio da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) materiais alternativos que atendam às necessidades propostas e que se mostrem menos agressivos ao meio ambiente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

De acordo com Orlow (2016), os resíduos da construção civil podem ser classificados como: “[...] os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis que podem resultar em grandes ganhos sociais, ambientais e econômicos (PNRS).”.

Uma das medidas mais importantes do impacto ambiental de um objeto, segundo Viljoen (2014) é determinada pelo conceito de “energia incorporada”, enfatizando que a degradação ambiental é resultante da não utilização de fontes de energia não renovável. Tal degradação é causada principalmente de duas maneiras: (i) pelas emissões atmosféricas, principalmente CO₂, que contribuem para o aquecimento global e; (ii) pelos efeitos que outras transmissões têm sobre a atmosfera, tais como a chuva ácida.

Alguns benefícios trazidos pela elaboração de planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção das obras ou reformas, com base em princípios sustentáveis, são de economia na extração de matérias-primas; economia de água e energia; redução dos impactos ambientais na água, no solo, na drenagem e nos espaços públicos; além da diminuição do volume de resíduos descartados em aterros e a valorização da correta triagem para o reaproveitamento, beneficiamento, reciclagem dos resíduos e efetivação e ampliação da logística reversa (ORLOW, 2016).

Atualmente, todas as construções ditas “sustentáveis” devem ser projetadas para se minimizar os impactos, de forma que atenda bem às suas respectivas funções, usando recursos suficientes, mas não excessivos, por meio de um projeto elegante e custos bem gerenciados (ROAF; FUENTES; THOMAS-REES, 2014).

Dessa forma, se faz necessário o trabalho conjunto dos governos locais e regionais, dos profissionais de projetos/obras e da sociedade visando alterar a realidade do panorama atual das construções (KRUGER e SEVILLE, 2016).

As principais normas que tratam do assunto são:

- NBR 15112 (ABNT, 2004a) – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD;
- NBR 15113 (ABNT, 2004b) – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114 (ABNT, 2004c) – Resíduos sólidos da construção civil: Área de

reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

- NBR 15115 (ABNT, 2004d) – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116 (ABNT, 2004e) – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

3.2. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O aumento de porte das residências, o maior número de casas individuais e a intensificação no uso do ar-condicionado, têm gerado preocupações ambientais no que diz respeito aos tipos de construção residenciais, principalmente por induzirem à vários tipos de impactos ambientais pelo uso de materiais, geração de resíduos e mudança permanente no uso do solo (GOLDEMBERG; LUCON, 2012). Apesar disso, e com todos os problemas relacionados à construção civil (ruídos, poeira, geração de entulhos, etc.), a mesma não era vista como uma ameaça à sustentabilidade até meados da década de 1990 (AGOPYAN; JOHN, 2011). A adoção de uma política adequada de gestão de resíduos que se baseie em reduzir, reutilizar, recuperar e reciclar é importante ao longo de todo o ciclo de vida dos edifícios.

O aumento dos preços do petróleo na década de 1970 incitou pesquisas significativas que visavam melhorar a eficiência energética e encontrar fontes de energia renovável para a execução de projetos de edificações. A primeira delas foi a chamada “arquitetura solar”, que se preocupava inicialmente em contribuir com a calefação dos edifícios (CORBELLA; YANNAS, 2003).

A adoção dessas políticas, junto com o movimento ambientalista das décadas de 1960 e 1970, levou aos primeiros experimentos na construção sustentável contemporânea. Em 2008, o aumento dos preços de combustíveis acelerou novamente a pesquisa e o desenvolvimento, ainda que, dessa vez, ambos estejam focados nas tecnologias de energias limpas e renováveis (KEELER; BURKE, 2010).

Um dos primeiros alertas direcionados à indústria da construção civil e toda comunidade científica no âmbito da construção sustentável, ocorreu em 1994 em Tampa, Flórida, com apoio do *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB) e outras organizações da área. O evento denominado de “First

International Conference On Sustainable Construction” indicava ao público direcionado a forte influência de militantes ambientalistas, sem nenhuma formação científica na área da construção, na imposição de ideias, muitas vezes, equivocadas e que ignoravam certas demandas por uma melhor produtividade do ambiente construído (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Segundo Kruger e Seville (2016), “As construções sustentáveis podem ser, e serão, o resultado de um processo de acultramento; novas posturas; produção de profissionais; olhar do *status quo* e olhar ao futuro; e atuações responsáveis com a inteligência e a gestão com sustentabilidade.”. Por fim, Sue, Fuentes e Thomas-Rees (2014) afirmam que “O segredo para uma edificação bem-sucedida no século XXI é a garantia de que ela oferece uma ampla variedade de oportunidades de adaptação aos dois extremos do espectro climático, utilizando venezianas e toldos contra o calor ou cortinas quentes contra o frio.”.

A Construção Sustentável aborda o Desenvolvimento Sustentável no orbe da indústria da construção civil, ou seja, particulariza um conceito global (FLORIM; QUELHAS, 2004). Em 1987, o termo é definido no Relatório Nosso Futuro Comum da "Brundtland Commision" (Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento) como "Desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades." (BRUNDTLAND, 1987).

Dentre uma série de medidas e metas ligadas à sustentabilidade elencadas pelo relatório a serem tomadas no nível do Estado Nacional e à nível Internacional estão: Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas; Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias que admitem o uso de fontes energéticas renováveis; Aumento da produção industrial nos países não-industrializados à base de tecnologias ecologicamente adaptadas; Adoção de estratégia do desenvolvimento sustentável; a comunidade internacional deve proteger os ecossistemas supranacionais como a Antártica, os oceanos, o espaço (BRÜSEKE, 1994).

3.3. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL E ARQUITETURA ECOLÓGICA

Um edifício ou cidade ecologicamente planejadas são resultado de movimentos dirigidos para a concepção de projetos sustentáveis que levem em consideração a eficiente utilização das energias naturais e, ao mesmo tempo, a utilização de materiais e tecnologias que não gerem

danos ao ambiente como um todo. Conseguir isto é um desafio particular e estimulante para todos os indivíduos e as coletividades, sendo necessário enfrentá-lo o mais cedo possível, pois, à medida que o tempo passa, torna-se cada vez mais difícil implementar ações necessárias à sua efetiva aplicação (CASTELNOU, 2002, p. 23).

Segundo Rangel (2015) e Faria (2016), arquitetura ecológica tem a preocupação principal em utilizar materiais e técnicas locais de construção (palhas e fibras vegetais, por exemplo) com o intuito de causar o menor impacto possível à natureza, priorizando dessa forma, práticas passivas de construção e integração do edifício com o meio ambiente.

Como exemplo desse tipo de arquitetura, podem-se citar as ocas indígenas (Figura 1) e os iglus (Figura 2).



Figura 1. Oca indígena.

Fonte: GUIMARÃES, 2016.



Figura 2. Iglu.

Fonte: JONATHASM, 2009.

Quando se trata de arquitetura sustentável, alguns autores como Corbella (2003) e Rangel (2015), a define como aquela que preza pelo desenvolvimento cultural e social de forma que a qualidade de vida do ser humano no ambiente construído seja priorizada, gerando menos impactos e poluição as futuras gerações e sempre relacionadas ao conforto ambiental, características da vida e do clima locais e à viabilidade no âmbito econômico. Fazendo uma ponte entre arquitetura sustentável e arquitetura ecológica, Edwards (2013) considera a primeira um estilo (pelo fato das edificações ecológicas serem facilmente identificadas) e a segunda mais que um simples estilo, pois aborda desde a reordenação fundamental dos princípios básicos de projeto e tecnológicos, até uma nova configuração de todos os elementos essenciais da arquitetura.

Outro termo utilizado frequentemente e relacionado diretamente à arquitetura sustentável e ecológica é o de “construção verde”, que trata de um conjunto de práticas e técnicas projetuais, de construção e manutenção que visam a mitigação dos impactos ambientais de uma edificação (KRUGER e SEVILLE, 2016), alterando o mínimo possível do ambiente, fazendo uso de técnicas e materiais que façam com que a edificação seja parte da natureza que a rodeia.

Como se vê, os conceitos são bastante parecidos, não chegando a ser completamente antagônicos. O fato é que a boa arquitetura sempre levará em consideração o melhor dos conceitos na situação que mais lhe convier. Ora utilizará técnicas e materiais de construção local, ora fará da tecnologia sua aliada e, ainda assim, em conjunto em muitos casos.

Apesar do tema da construção sustentável está sendo bem discutido no Brasil, tanto nas academias quanto por parte do setor empresarial, ainda faltam estudos científicos consolidados para que as poucas iniciativas legislativas existentes sejam postas em prática, combatendo-se assim a informalidade, sempre um fator de forte tendência voltado para o lado econômico das construções e uma das tarefas mais difíceis de lidar no Brasil (AGOPYAN; JOHN, 2011). Ainda sobre o tema, Avezum (2007) concorda na criação de normas para regularizar a indústria da construção e da arquitetura, assegurando-se assim, leis que deem igualdade de condições para os arquitetos e clientes, promovendo um mercado competitivo no âmbito da sustentabilidade.

3.4. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Os problemas do habitat não devem ser considerados e resolvidos na escala da

edificação isolada, mas na escala urbana. As aldeias dos climas quente e úmido caracterizavam-se por ter as casas sobre “pilotis” para permitir o isolamento da umidade do solo e a ventilação, não só das edificações, mas também do recinto urbano, apresentando aberturas grandes e, conseqüentemente, paredes leves sombreadas por varandas ou largos beirais, que além de protegê-las da incidência solar direta, protegem-nas das chuvas intensas próprias do clima (CUNHA, 2006).

Os autores Corbella e Corner (2011) são enfáticos ao englobarem na definição de Arquitetura Bioclimática as variáveis climáticas externas como adequação ao clima, conforto térmico, acústico e visual, tratando a edificação como uma “membrana reguladora permeável e controlada”, de forma que a máxima de conforto entre o meio externo e interno seja alcançada através dessas variáveis. Associado à essa definição, Correa (2002) considera a Arquitetura Bioclimática como uma forma mais integrada ao ambiente físico, socio-econômico e cultural, por meio de materiais autóctones com técnicas e formas tradicionais que favoreçam a redução dos impactos ambientais.

A característica dos edifícios em relação ao clima é encontrada também na escolha dos materiais e seu emprego. Antes do aparecimento e da difusão dos métodos modernos de climatização artificial, o problema térmico era quase que corretamente resolvido com recursos de forma, materiais, orientação e localização das edificações (CUNHA, 2006).

Assim, a aplicação dos conceitos da arquitetura bioclimática proporciona a realização de um projeto ideal, onde a edificação nem perde nem ganha calor desnecessário, sendo confortável em qualquer estação do ano, além de não precisar de sistemas artificiais para iluminação diurna e climatização de ar (ar-condicionado), graças ao consumo racional energético definido pelo conceito visto de arquitetura bioclimática, respondendo de maneira integral ao novo cenário sócio-ambiental (JOAQUIM, 2012).

3.5. ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O SETOR RESIDENCIAL

O Brasil é um país com dimensões continentais, e seu território, no sentido Norte-Sul, alcança latitudes desde 32° S até 04° N, gerando com isso grande diversidade climática e possibilidades distintas para o uso das energias renováveis em seu território (ROMERO, 2016). De acordo com o Balanço Energético Nacional, ano base 2015 (BRASIL, 2016), a matriz elétrica brasileira é de origem predominantemente renovável, sendo a geração hidráulica correspondente a 64,0% da oferta interna (Figura 3). O Brasil representa 75,5%

da oferta interna total de eletricidade das fontes renováveis (Figura 4). Dessa matriz, o fornecimento principal de eletricidade para residências é de 45,2%, sendo complementada por 25,4% por lenha e 26,2% por gás liquefeito de petróleo. Os demais valores são provenientes do gás natural, com 1,2%, e outras fontes, com 1,9% (Figura 5).

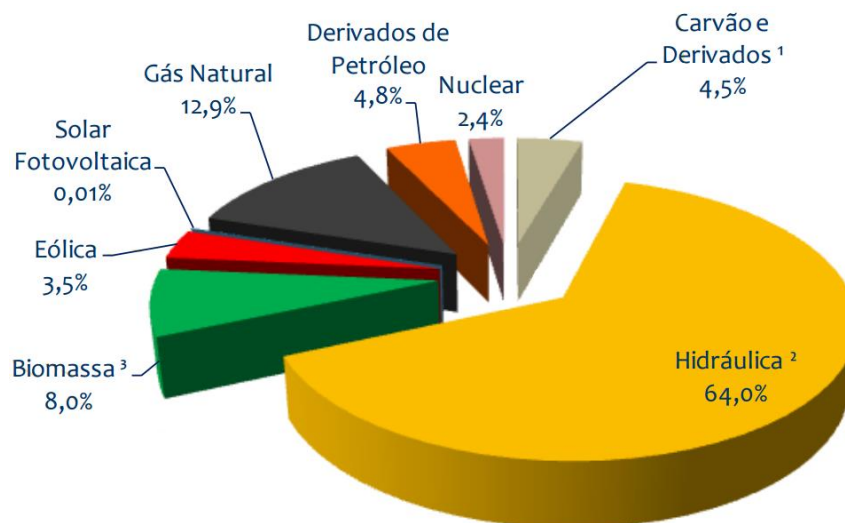


Figura 3. Matriz elétrica brasileira.

Fonte: BRASIL, 2016.

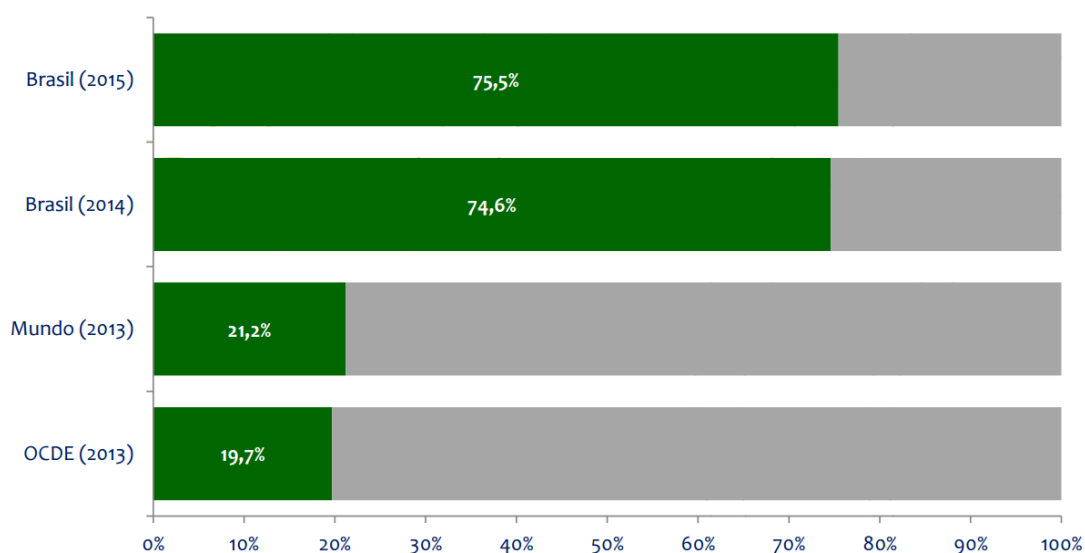


Figura 4. Avanço da participação de renováveis na matriz elétrica brasileira.

Fonte: BRASIL, 2016.

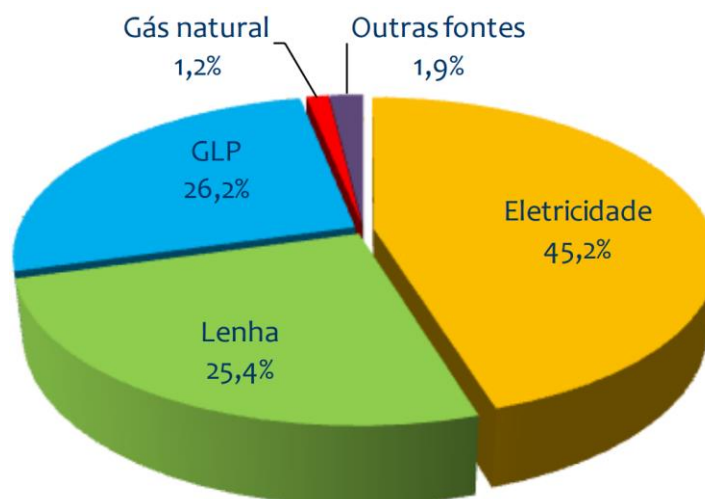


Figura 5. Consumo residencial brasileiro de energia.

Fonte: BRASIL, 2016.

Uma das principais causas da não utilização da energia solar para aquecimento de águas era o seu custo. Yudelson (2013) justifica essa problemática pelo simples fato de que estes preços “[...] são ‘tangíveis’, pois são reais e ocorrem no presente, enquanto benefícios previstos, como economia de energia, economia de água e ganhos de produtividade, são ‘intangíveis’ devido à sua natureza especulativa e por acontecerem no futuro.”. Porém, este empecilho tem sido minimizado, consideravelmente, pelo avanço da tecnologia e das técnicas de instalação, fazendo com que seu custo-benefício seja compensado em um sistema seguro, econômico e ecológico (CARVALHO JÚNIOR, 2015a). As principais vantagens, quando comparado a outros tipos de energia, são: (i) economia de energia (reduz, em média, 35% da conta de luz); (ii) fácil manutenção; (iii) fonte de energia inesgotável; (iv) não produz poluição ambiental. Sua principal desvantagem pode ser pelo comprometimento da eficiência do sistema em dias nublados ou chuvosos (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

Com a intenção de estimular o uso desse tipo de tecnologia, no Estado do Rio de Janeiro, foi criada a Lei nº 5.184 de 2 de janeiro de 2008, tratando da instalação de sistemas de aquecimento solar de água para prédios públicos, revelando uma preocupação presente por parte dos governantes nesse assunto (FERREIRA, 2014). Planos nacionais de eficiência energética também foram propostos no Brasil, dentre eles, o de energia e o de ciência e tecnologia, com objetivo de induzir contenção de 5% da eletricidade e no ano de 2030, com esperança de se alcançar a meta de 10% de economia total por meio de decisões autônomas dos consumidores (LEITE, 2013).

Devido às crises hídricas enfrentadas constantemente, com consequente escassez de água, o aproveitamento de águas das chuvas tem sido uma prática cada vez mais comum nas grandes cidades pela sua contribuição em minimizar esse problema, além de contribuir significativamente para a redução do consumo de água potável (cerca de 30%) e controlar o escoamento superficial nas vias urbanas (CARVALHO JÚNIOR, 2015a), não sendo de hoje que essa prática tem sido utilizada, datando de mais de 4.000 anos os primeiros sistemas de aproveitamento, com destaque para os engenhosos aquedutos na Era Romana (VENÂNCIO, 2010). Apesar de no Brasil este ser um assunto relativamente novo, países europeus como Áustria e Alemanha já dispõem de normas e leis que obrigam os moradores a terem sistemas de aproveitamento de águas em suas residências, sendo beneficiados com a redução dos impostos do imóvel pelo Estado e, consequentemente, sua maior valorização (VENÂNCIO, 2010).

Ainda que as fontes tradicionais de energia continuem dominando o mercado, as energias renováveis são uma opção cada vez mais comum, cujas fontes incluem painéis solares e turbinas eólicas em casas individuais, instalações de médio porte para que atendam a uma vizinhança ou uma instalação individual, além de grandes projetos privados, governamentais ou utilitários que suplementem ou substituam as usinas de energia tradicionais (KRUGER; SEVILLE, 2016).

Dessa forma, a instalação de painéis fotovoltaicos e fototérmicos associados à diminuição do consumo de energia elétrica da rede, o sistema de captação das águas da chuva para economia de água potável, além do emprego de técnicas de arquitetura passiva para aproveitamento da insolação e ventilação natural, fazem a residência em estudo ajudar a difundir o conceito de construção sustentável para que todos possam, um dia, interagir com a natureza sempre de maneira pacífica.

4. METODOLOGIA

4.1. PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS

Uma busca sistemática de pesquisas em sites, revistas, livros e artigos especializados na área de arquitetura, sustentabilidade e energias renováveis no período de 2010 em diante, trouxe um direcionamento para as problemáticas atuais e mostrou caminhos a serem seguidos para um bom desenvolvimento de projetos ditos sustentáveis.

4.2. ANÁLISE DE PROJETOS CORRELATOS

O objetivo desta etapa é o estudo e descrição detalhada de projetos com pontos específicos a serem aproveitados na elaboração do anteprojeto arquitetônico deste trabalho. Alguns fatores levados em consideração foram os aspectos estéticos e compositivos (análise de fachadas, volumetria, implantação); aspectos contextuais (partido escolhido para elaboração do anteprojeto, intenções e disposições gerais); e aspectos construtivos, funcionais e sustentáveis (tipo de estrutura, modulação estrutural, racionalidade construtiva, funcionalidade, durabilidade, escolha e reaproveitamento de materiais, adequação à arquitetura passiva, etc.).

Dessa forma, os projetos escolhidos como correlatos foram aqueles que tivessem relação direta com o objeto de estudo da dissertação.

4.3. ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO

Após o cumprimento das etapas anteriores, a elaboração do anteprojeto arquitetônico pode ser realizado de forma coerente e embasada. Para tal, alguns softwares foram utilizados para representação do mesmo.

4.4. ELABORAÇÃO DOS PROJETOS COMPLEMENTARES

No desenvolvimento do anteprojeto arquitetônico, projetos complementares de instalação elétrica, luminotécnica, hidráulica e aqueles relacionados à energias renováveis foram elaborados com o máximo de eficiência e o mínimo de interferência no anteprojeto.

4.5. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

Por meio desta etapa, foi verificado através do software SimaPro o desempenho de materiais utilizados no anteprojeto em relação a seus impactos ambientais associados às atividades produtivas ao longo de todo seu processo de produção. Com isso, pode-se identificar quais materiais seriam mais agressivos ao meio ambiente e quais as alternativas de substituição dos mesmos poderiam ser viáveis. Para este anteprojeto, foram analisados dois tipos de concreto como alternativas para sua fundação: concreto à base de cimento Portland composto CP-II; e o concreto geopolimérico.

5. REFERENCIAL PROJETUAL – PROJETOS CORRELATOS

5.1. HOSPITAL SARAH KUBITSCHKEK (SALVADOR, BAHIA – BRASIL)

Idealizado pelo médico Aloysio Campos da Paz e colaboração decisiva do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), o Hospital Sarah Kubitschek de Salvador, Bahia, Brasil, tem área de 27.000 m² (Figura 6) e foi projetado no período que Lelé esteve na direção do RENURB (Companhia de Renovação Urbana de Salvador), no ano de 1987. Em 1994, o hospital veio a ser construído.



Figura 6. Hospital Sarah Kubitschek de Salvador visto de cima.

Fonte: FRACALOSS, 2012.

O hospital está localizado em uma das capitais mais quentes do Brasil (Salvador/BA), com a sua estrutura em aço e maior parte da sua materialidade em metal. A obtenção de conforto térmico era o grande desafio a ser superado. Nos dias atuais, onde termos como sustentável, econômico e bioclimático caíram no gosto popular, mesmo que de maneira superficial e rasa, as obras de Lelé se tornam altamente contemporâneas.

A quantidade de soluções aplicadas para que se fosse buscado o devido conforto para os usuários surpreende a quem se aprofunda nos seus projetos. Dentre elas, pode-se destacar pela sua funcionalidade e a aplicação, em particular no hospital de Salvador, o uso de *sheds* para ventilação e iluminação natural.

Esse tipo de telhado característico é extremamente comum nos ambientes fabris (Figura 7), com seu aspecto serrilhado, de forma que a sua funcionalidade é o ponto alto da sua concepção, pois quando aplicadas a grandes ambientes, supre a necessidade visual onde somente a iluminação artificial não conseguiria atender a demanda de forma satisfatória sem ter que gerar altíssimos custos. É nesse cenário que se lança mão deste trunfo projetual para auxiliar diretamente nesses dois fatores supracitados.

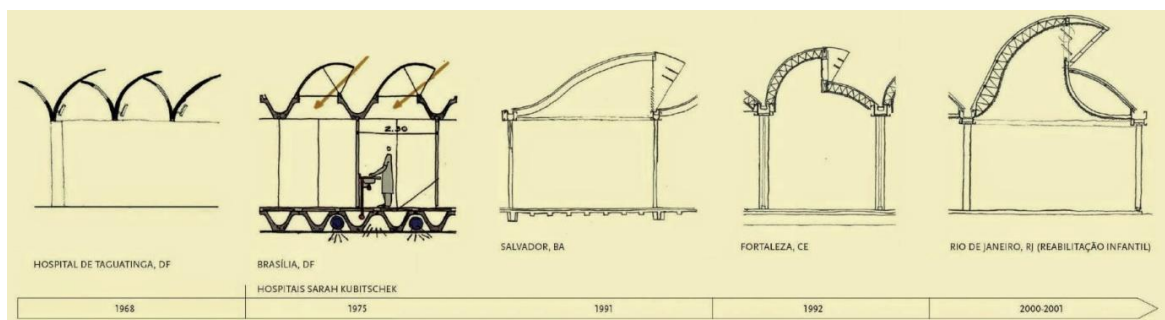


Figura 7. Evolução do desenvolvimento dos *sheds* por Lelé.

Fonte: PERÉN, 2014.

Vários questionamentos foram levantados acerca da sua utilização, em especial como uma ferramenta aplicada a um ambiente normalmente rústico e, por vezes, insalubre pode ser utilizada em uma rede hospitalar, como também se a sua utilização foi impulsionada, única e exclusivamente, por fatores econômicos. O arquiteto Lelé justifica sua utilização quando responde ao comentário da seguinte maneira:

“Quando comecei a projetar *sheds* não havia o problema econômico. O que me moveu a fazer os *sheds* foi a questão da humanização dos ambientes através da luz natural e da ventilação natural. Sempre achei que isso era mais sadio para o ser humano do que a iluminação artificial ou o ar condicionado. Então, minha posição inicial não foi movida pela economia ou pela sustentabilidade que hoje, devido ao alto custo da energia, é preciso ter com os recursos naturais, mas pela humanização. O hospital de Taguatinga foi em 1967 e ele é todo com ventilação e iluminação natural.”.

Mesmo estando vivendo em épocas onde a alta tecnologia impera como fonte das principais soluções, o *shed* e sua simplicidade aliada à sua perfeita funcionalidade se fazem presente e demonstram como a natureza pode e deve ser utilizada a favor da arquitetura e seus usuários.

Esse elemento funciona aliando a sua forma arquitetônica a regras básicas da física, onde as diferenças de temperatura do ar fazem com que as porções mais quentes se elevem, gerando um vácuo temporário e uma diferença de pressão. Na parte superior, de abertura maior, a pressão dita negativa faz o efeito de chaminé e expulsa o ar aquecido, ao passo que nas aberturas inferiores, onde a pressão é positiva, o ar fresco externo é captado e renova o ambiente (Figura 8), esse foi o principal ponto aproveitado na elaboração do anteprojeto.

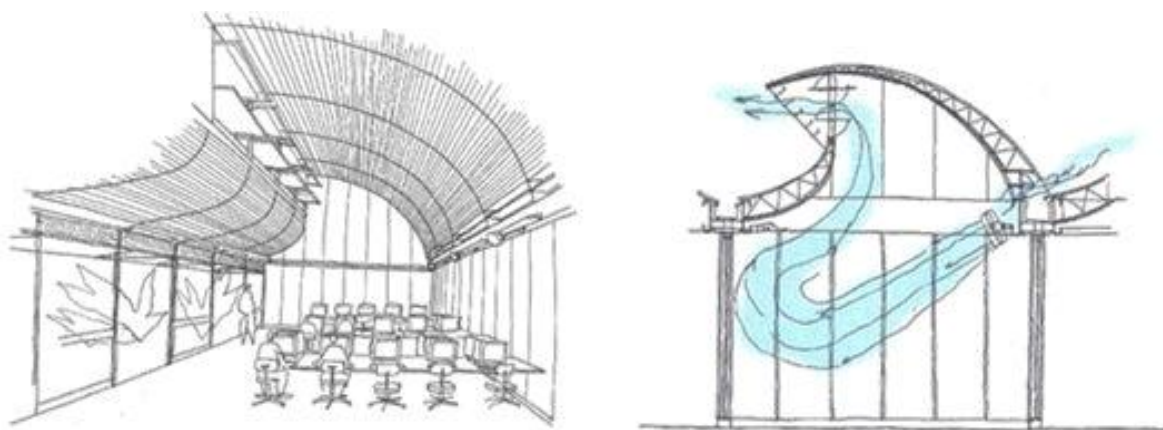


Figura 8. Circulação de ar através do *shed*.

Fonte: CAVALCANTE, 2013.

No caso específico do Hospital Sarah Kubitschek de Salvador, os *sheds* estão dispostos ao longo do telhado em linhas paralelas e de diferentes extensões e também é o único responsável por dar forma ao edifício. O tamanho do vão impacta diretamente no formato do *shed*, tornando-o menor ou maior, como é mostrado na Figura 9.



Figura 9. Distribuição dos *sheds* ao longo de um corte longitudinal.

Fonte: FRACALOSS, 2012.

A sua eficácia, pode ser facilmente notada até mesmo por fotografias dos ambientes equipados com esse recurso. Nas figuras 10 e 11, percebem-se alguns dos ambientes do hospital que são arejados e iluminados pela utilização dos *sheds*.



Figura 10. Corredor de circulação da Rede Sarah Kubitschek de Salvador.
Fonte: FRACALLOSSI, 2012.

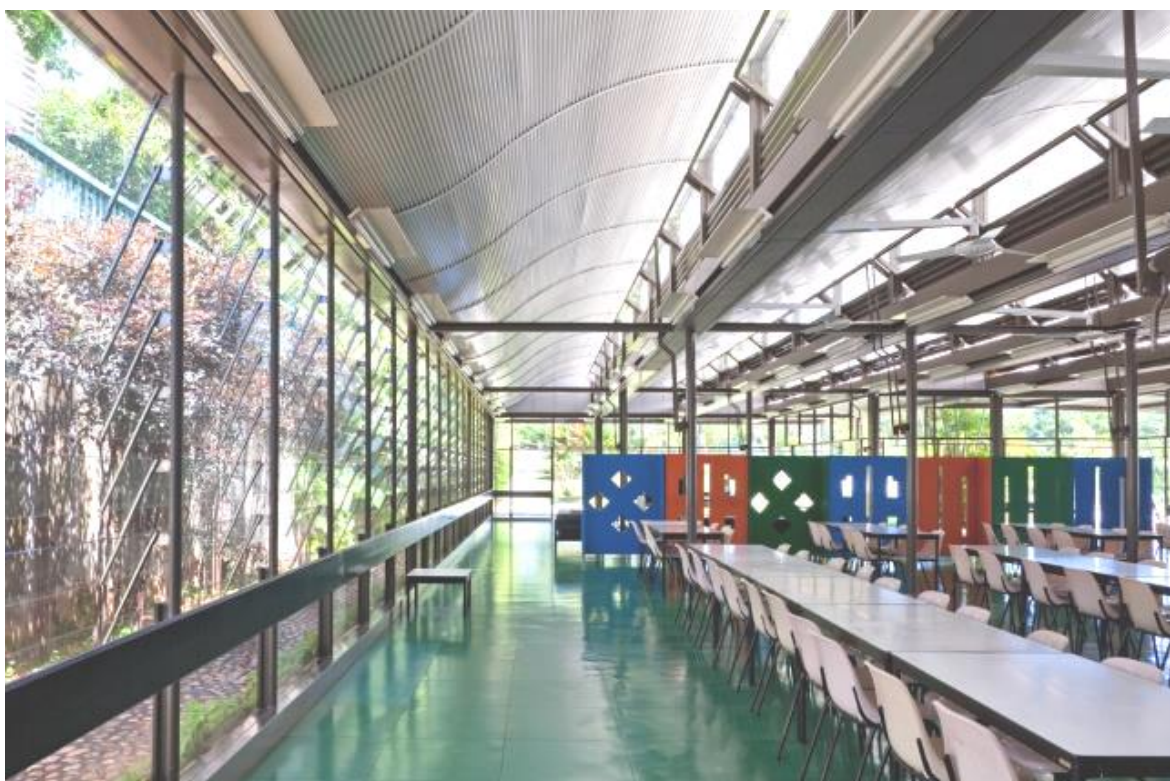


Figura 11. Área de refeitório da Rede Sarah Kubitschek de Salvador.
Fonte: FRACALLOSSI, 2012.

5.2. CASA LEE (PORTO FELIZ, SÃO PAULO – BRASIL)

Projetada por Marcio Kogan com co-autoria de Eduardo Glycerio e interiores por Diana Radomysler, a Casa Lee está localizada na cidade Porto Feliz, interior de São Paulo, datando de 2012 e com área construída de 900,00 m² (Figura 12).



Figura 12. Vista da fachada leste da Casa Lee.

Fonte: STUDIOMK27, 2012.

A residência escolhida tem influência no desenvolvimento do anteprojeto principalmente em seus aspectos estéticos minimalistas, desde a escolha dos materiais, proporção horizontal em um único volume térreo, até sua organização do programa de necessidades que proporcionam continuidade espacial dos ambientes (Figuras 13 e 14) além da sua simplicidade estrutural.

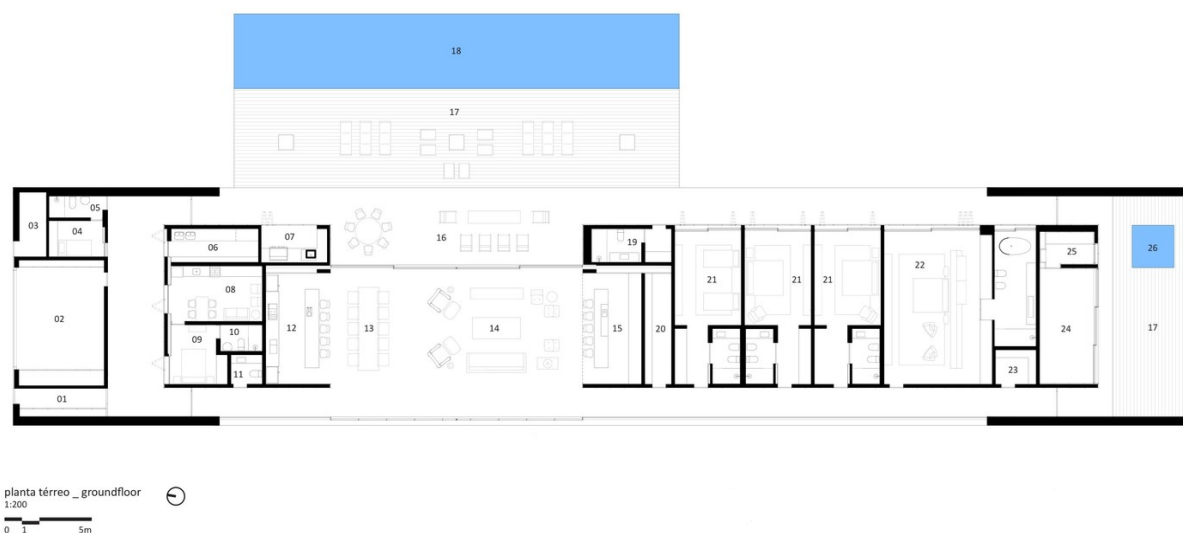


Figura 13. Planta baixa Casa Lee.

Fonte: DELAQUA, 2013.



Figura 14. Sala de estar integrada à área externa.

Fonte: DELAQUA, 2013.

Questões bioclimáticas também são levadas em consideração no projeto, tais como ventilação cruzada na área de estar (diminuindo a temperatura interna), além de ambientes protegidos por muxarabis de madeira (elemento arquitetônico em forma de treliça com função de permitir a ventilação e iluminação natural) montados em portas camarão que filtram a luz solar sem tirar a ventilação (Figura 15).



Figura 15. Fachada leste com parte dos muxarabis abertos.

Fonte: DELAQUA, 2013.

5.3. YANTALÓ VOLUNTEER HOUSE (YANTALÓ, SAN MARTÍN – PERU)

Localizada no interior da Selva Amazônica, a Casa Yantaló foi desenvolvida pela Organização Internacional de Voluntários Yantaló, uma organização sem fins lucrativos formados por sete amigos (FRANCO, 2015).

Com capacidade para 15 residentes, a casa é composta por dois blocos: um principal com dois pavimentos que comporta um dormitório adaptável a três salas menores; e outro secundário com capacidade para 3 dormitórios. Os dois são conectados por um ponto central onde se localiza a cozinha, sala de jantar, área comum no primeiro pavimento, sala de reuniões, sala de estar ao ar livre e varanda no segundo pavimento (Figura 16).

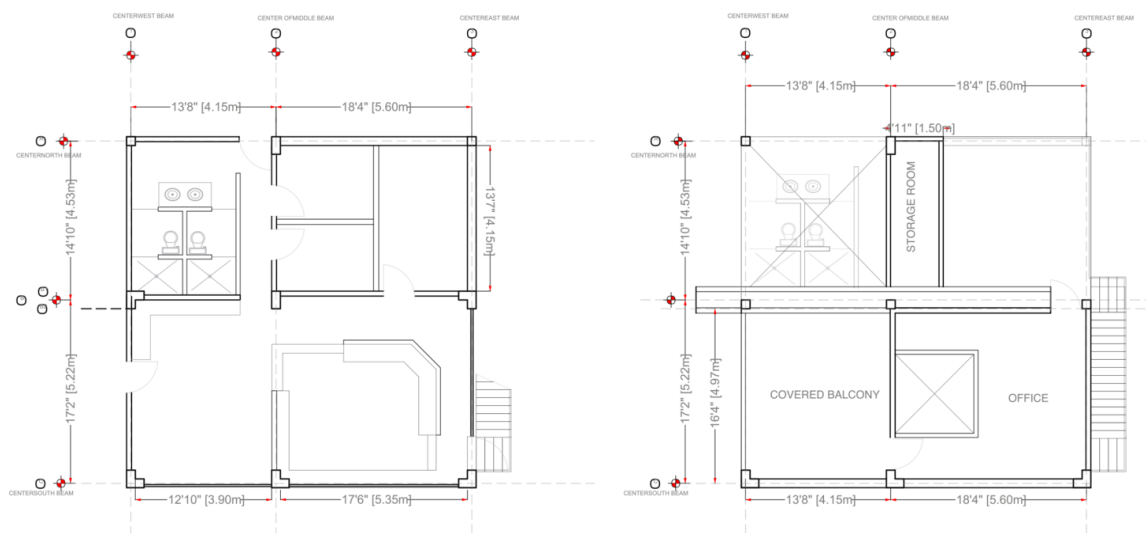


Figura 16. Planta baixa Casa Yantaló.

Fonte: FRANCO, 2015.

Além dos quesitos sustentáveis levados em consideração na sua elaboração, tais como aproveitamento de recursos naturais, redução da necessidade de manutenção, aproveitamento de recursos naturais e materiais locais, o projeto foi escolhido e aproveitado para desenvolvimento do anteprojeto pelo seu ponto principal: a coleta de águas da chuva através de sua cobertura.

Com capacidade para coletar cerca de 7.500 litros de água mensalmente, a cobertura baseada em estrutura de madeira tipo “borboleta” com sistema de sarjeta estrutural integrada garantirá a irrigação local e/ou uso pessoal, podendo ser também adaptada a casas já existentes (FRANCO, 2015). Além disso, a cobertura também oferece sombreamento para reduzir o ganho de calor solar no pavimento superior (Figura 17 e 18).



Figura 17. Maquete eletrônica da Casa Yantaló.

Fonte: FRANCO, 2015.

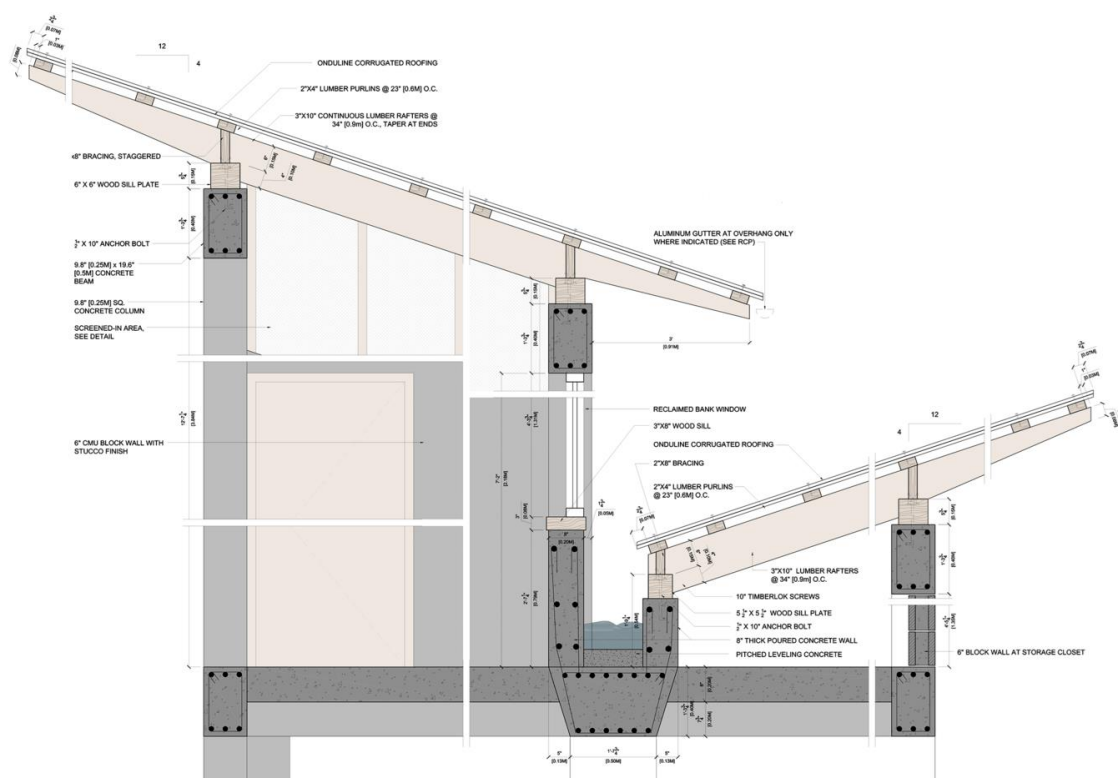


Figura 18. Detalhe da cobertura Casa Yantaló.

Fonte: FRANCO, 2015.

6. ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO

A importância do projeto fica clara quando se percebe que ele garantirá a qualidade e a segurança do investimento financeiro aplicado na construção e também resultará em economia durante todo o ciclo de vida da edificação (ABCP, 2013a), fazendo com que o cliente perceba a importância da participação do arquiteto na elaboração de uma residência segura, saudável e durável com a menor redução possível de falhas relacionadas à construção.

Todo investimento na fase de projetos costuma resultar em economias sensíveis durante a vida útil da edificação (IBI, 2016a). Decisões de projeto, como a orientação da residência, orientação das janelas, sombreamento e complexidade estrutural, contribuem para o impacto ambiental geral de uma construção (KRUGER; SEVILLE, 2016).

Desta forma, para o perfeito desenvolvimento do anteprojeto foi levado em consideração parâmetros como: escolha do local, entorno imediato, acessos, condicionantes legais, programas de necessidades, orientação, estrutura e racionalidade do anteprojeto, conforto acústico e térmico, instalações prediais, paisagismo, acessibilidade, uso de fontes renováveis de energias, entre outros.

6.1. ESCOLHA DO LOCAL

As características do terreno têm grande impacto no projeto da moradia, não somente em termos estéticos, mas funcionais, pois além de suportar o edifício, o terreno indicará a melhor forma de escoar a água da chuva, posicionar as instalações de esgoto e estabelecer a cota de nível da casa em relação à rua e aos lotes vizinhos (ABCP, 2013a). Além disso, devem-se evitar terrenos ecologicamente sensíveis (como brejos ou habitats raros), terras férteis, áreas culturais ou arqueologicamente importantes e locais vulneráveis a incêndios florestais ou inundações (KRUGER; SEVILLE, 2016).

O terreno escolhido para elaboração do anteprojeto arquitetônico residencial unifamiliar está localizado na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba (Figura 19), no Bairro dos Estados, que tem como limites oficiais os bairros de Mandacaru e dos Ipês ao Norte; Tambauzinho ao Sul; Pedro Gondim e Castelo Branco ao Leste; e Treze de Maio à Oeste (Figura 20).



Figura 19. Localização da cidade de João Pessoa (em laranja e ampliado) no Estado da Paraíba e no mapa do Brasil (canto inferior direito).

Fonte: PREFEITURA DE JOÃO PESSOA.

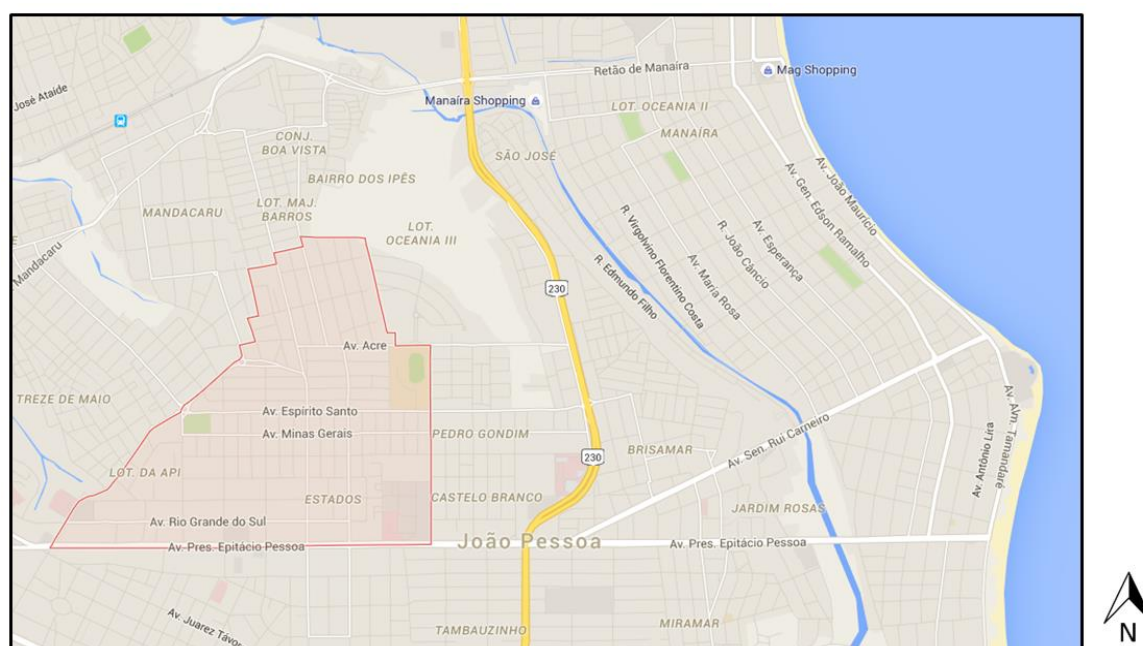


Figura 20. Marcação da poligonal (em vermelho) de limite do Bairro dos Estados na cidade de João Pessoa.

Fonte: Google Maps, 2015. Editado pelo autor.

Localizado na quadra 68 (Figura 21), em um lote de gaveta, na Av. Pernambuco, o lote 0128, escolhido, tem 360,00m² e dimensões geométricas regulares de 12 metros de frente por 30 metros de comprimento (formato mais encontrado na cidade de João Pessoa).

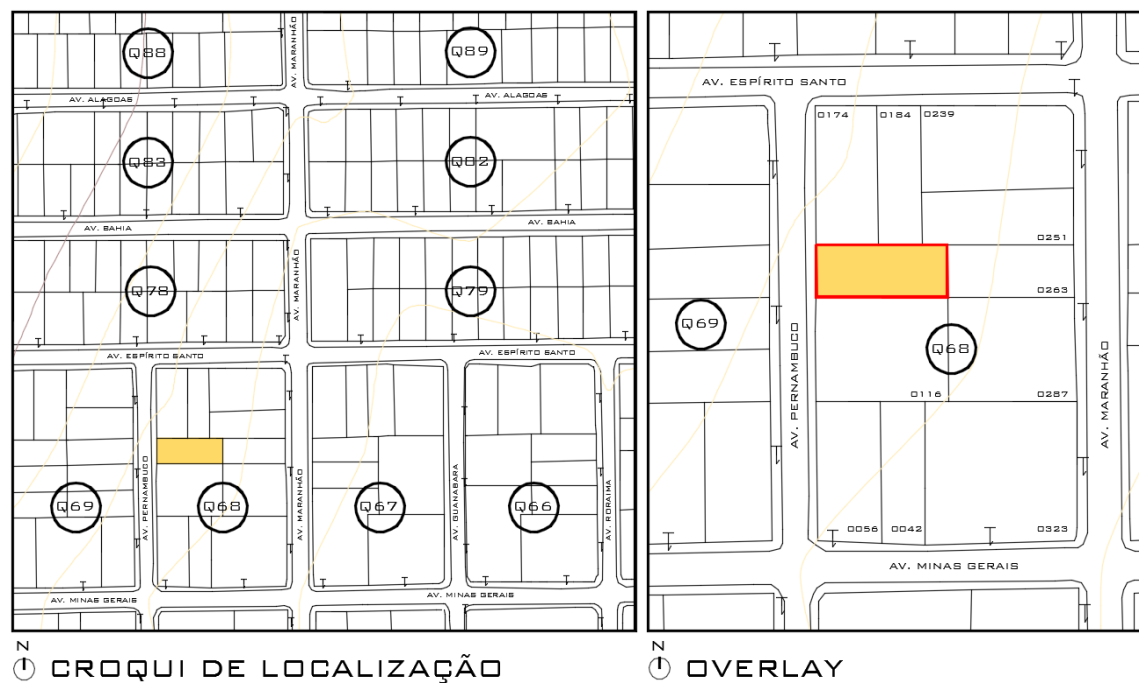


Figura 21. Croqui de localização e overlay, respectivamente, do terreno em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A visita *in loco* no local revelou de fato as condições reais do terreno em estudo, como ilustradas nas Figuras 22 e 23.



Figura 22. Panorâmica da rua do terreno em estudo.

Fonte: Acervo pessoal do autor, 2015.



Figura 23. Imagem interna do terreno em estudo.

Fonte: Acervo pessoal do autor, 2015.

O lote disponível na malha urbana, além de estar situado em um bairro predominantemente residencial de ocupação prioritária com toda infraestrutura urbana adequada, e de fácil acesso (tanto para pedestres, quanto para transportes públicos e particulares), foram alguns dos principais motivos de escolha deste terreno.

6.2. ENTORNO IMEDIATO – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Predominantemente formado por residências unifamiliares e de apenas um pavimento, o entorno imediato ao lote em estudo também possui alguns poucos edifícios residenciais, comércio e serviços (posto de gasolina, lavanderia, lojas de acessórios) e instituição de ensino (Escola Estadual Professor Matheus Augusto de Oliveira).

Alguns lotes vazios também são encontrados, como no caso dos vizinhos ao lote (na quadra 68 os lotes 0174, 0184, 0116, 0056 e 0042 e na quadra 67 os lotes 0175, 0195 e 0128).

A vegetação é escassa, formada por árvores de médio porte nas calçadas ou no interior dos lotes de algumas casas. Não há praças ou espaços destinados ao uso público por perto. Portanto, o entorno caracteriza-se principalmente pela horizontalidade das edificações e seu padrão de uso residencial unifamiliar de classe média (Figura 24).



Figura 24. Mapa de uso e ocupação do solo do entorno imediato ao terreno em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor com base cartográfica do Google Earth, 2015.

6.3. ACESSOS

O acesso ao Bairro dos Estados é feito, principalmente, pela Avenida Presidente Epitácio Pessoa (uma das principais vias da cidade de João Pessoa). Por esta, o acesso de transporte particular à quadra referente ao lote em estudo é feito pela Avenida Pará, estando esta localizada a 06 (seis) quadras de distância da Avenida Presidente Epitácio Pessoa, após cruzar-se a Avenida Rio Grande do Sul, Avenida São Paulo, Avenida Goiás, Avenida Mato Grosso até chegar-se a Avenida Minas Gerais, seguindo por esta até a Avenida Pernambuco. A Avenida Espírito Santo também é usada com frequência para acesso ao lote. Todas as citadas devidamente acessíveis e sinalizadas (Figura 25).

Tabela 1. Recuos obrigatórios para uso R1.

ZONA RESIDENCIAL 1 (ZR1)							
USOS PERMITIDOS	LOTE (*)		EDIFICAÇÃO (A)				
	ÁREA MÍNIMA	FRENTE MÍNIMA	OCUPAÇ. MÁXIMA	ALTURA MÁXIMA (B)	AFASTAMENTOS		
					FRENTE	LATERAL	FUNDOS
R1	360,00	12,00	50	-	5,00	1,50	3,00
R2 (1)	450,00	15,00	50	2 PV	5,00	1,50	3,00
R3	-	-	50	2 PV	5,00	1,50	3,00
R4	CONDOMÍNIO HORIZONTAL VER ANEXO 09						
R5 (2)	600,00	15,00	40	PL+ 4PV+CB	5,00	4,00	4,00
R5	600,00	15,00	35	4 PV	5,00	4,00	4,00
R6	900,00	20,00	30	-	5,00	4+(h/10)	4+(h/10)
R8 (3)	360,00	12,00	55	PL+ 2PV ou 3 PV	5,00	1,50	3,00
CL=SL(4)	360,00	12,00	50	3 PV	5,00	1,50	3,00
CB=SB	450,00	15,00	50	3 PV	5,00	2,00	3,00
IL	600,00	15,00	50	2 PV	5,00	1,50	3,00
IPP (5)	360,00	12,00	50	2 PV	5,00	1,50	3,00

Fonte: JOÃO PESSOA, 2012a. Editado pelo autor.

6.5. PROGRAMA DE NECESSIDADES

A expectativa média de vida mundial cresceu de 46 para 64 anos nos últimos cinquenta anos, e a diferença de longevidade média entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento diminuiu de 26 para 12 anos (EDWARDS, 2013). O perfil da família brasileira também tem mudado constantemente com o passar do tempo. Uma das características mais notáveis é em relação ao número de moradores por domicílio (IBGE, 2001).

Na década de 1980 o tamanho médio da família brasileira era de 4,5 pessoas, caindo para 3,4 pessoas no final dos anos 1990. Diminuiu-se cada vez mais também o número de famílias tradicionais (casal com filhos), passando de quase 60% em 1992, para 55% em 1999 (Gráfico 01). Fatores como mudança de valores culturais, ingresso da mulher no mercado de trabalho e aperfeiçoamento dos métodos anticoncepcionais contribuíram para tal fato (IBGE, 2001). Ao invés de passar por reformas constantes, uma casa precisa ser suficientemente flexível para satisfazer às exigências de diversos proprietários (KRUGER; SEVILLE, 2016).

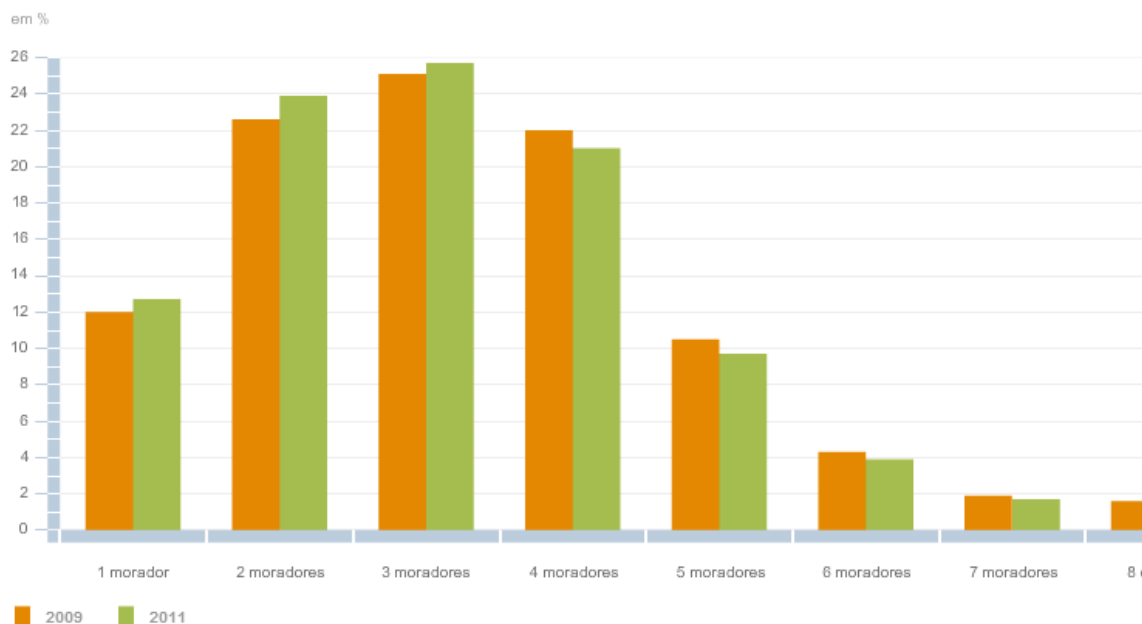


Gráfico 1. Domicílios de acordo com o número de pessoas neles residem.

Fonte: PNAD/IBGE, 2011.

Apesar da região Sudeste ser a que mais tem domicílios ocupados por duas pessoas (26,5%), foi na região Nordeste que esse perfil de moradia mais cresceu (2% entre 2009 e 2011), atingindo 21,2% (CYMBALUK, 2012).

Dessa forma, a casa foi projetada para uma família com apenas um filho, mas com porte para mais um habitante devido à presença de um quarto reversível, ficando assim definida: garagem para dois automóveis; cozinha integrada aos ambientes de estar; área de serviço; sala de estar, jantar e televisão; espaço gourmet com uma pequena piscina e lavabo; banheiro de uso social no interior da residência; e três suítes, sendo uma delas com possibilidade de se tornar acessível.

Assim, a proposta da residência é de se construir espaços confortáveis que atendam à necessidade de três a quatro moradores aproveitando o máximo possível do permitido a ser construído no lote, respeitando-se a legislação local e com bom aproveitamento da insolação e ventilação natural.

6.6. ORIENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO, ABERTURAS E JANELAS

Nota-se claramente no Brasil (país de clima predominantemente tropical) uma forte influência da tecnologia e arquitetura internacional (principalmente das grandes fachadas dos edifícios envidraçados) associadas à falta de preocupação com o consumo energético.

Tal fato, muitas vezes leva-se a que o projeto arquitetônico dispense considerar o clima local, gerando dessa forma, espaços internos com qualidade pior que as condições externas, sendo necessário o uso intensivo de sistemas de climatização (CORBELLÀ; CORNER, 2011).

Um edifício com a orientação correta consome mensalmente, em média, 1,2 kW/h de energia operante por metro quadrado de superfície, enquanto que uma edificação mal orientada, consome 1,9 kW/h, implicando dessa forma, maior consumo de energia (KRUGER; SEVILLE, 2016), sendo uma forma arquitetônica mais alongada e voltada para o sol aquela que oferece o melhor equilíbrio entre as perdas térmicas e os benéficos ganhos térmicos solares (HEYWOOD, 2015). Ainda sobre o tema, Jourda (2013) enfatiza que, com uma forma mais compacta, um edifício obtém uma maior eficiência energética pela redução das superfícies de troca térmica entre o interior e o exterior, bem como a redução na quantidade de materiais empregados.

Tendo como base as premissas acima, o estudo de implantação da residência, bem como a setorização dos ambientes, foram feitos levando-se em consideração os conceitos de arquitetura bioclimática, para que todos os ambientes pudessem tirar o melhor proveito das condições naturais, considerando as recomendações de Kruger e Seville (2016), quando pregam que aberturas sem nenhum tipo de proteções voltadas para oeste aumentarão significativamente os custos com resfriamento artificial, que poderiam ser evitados com a melhor orientação da casa, caso tivesse sido projetada com menos janelas do lado oeste ou com algo que produzisse sombra, por exemplo.

Analisando os estudos de insolação e ventilação naturais feitos pelo Laboratório de Energia Solar da Paraíba (LES-PB) no período de 1976 a 2006, podem-se constatar os meses de maior intensidade de radiação (Figura 28) e de predominância da ventilação natural (Figura 29).

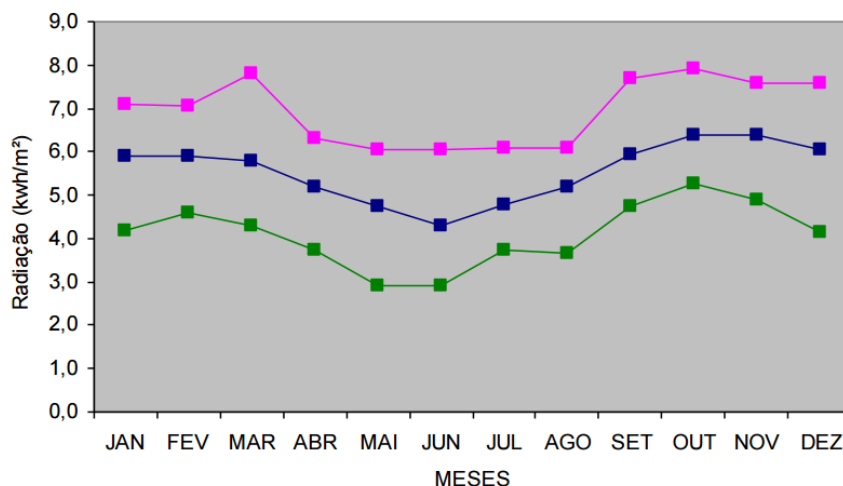


Figura 28. Diagrama climático de radiação máximas, médias e mínimas do Estado da Paraíba.

Fonte: LES-PB, 2006a.

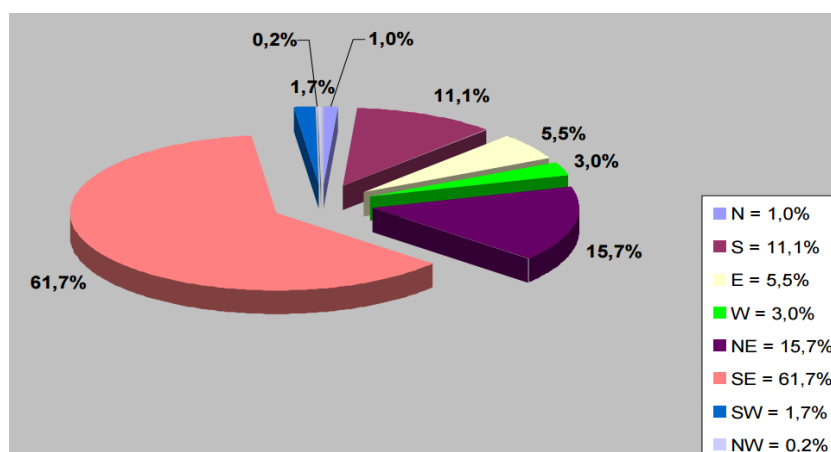


Figura 29. Diagrama climático da frequência dos ventos do Estado da Paraíba.

Fonte: LES-PB, 2006b.

Em climas tropicais e subtropicais, muitas vezes busca-se uma orientação capaz de captar as correntes de ar dos ventos dominantes e dissipar, assim, o calor acumulado no interior (WASSOUF, 2016). Assim, as áreas que recebem maior insolação e são de curta permanência, como cozinha, área de serviço e lazer, foram voltadas para as fachadas norte e oeste (fachadas mais quentes). As áreas de permanência prolongadas e de descanso, como salas, estares e quartos ficaram orientadas para as fachadas leste e sul, para aproveitamento da ventilação predominante (sudeste) e de menor insolação. Além disso, todos os ambientes contam com iluminação natural (acarretando a redução da iluminação artificial e consequente economia de energia elétrica) e proteção para as fachadas (sombreamento por árvores plantadas em locais estratégicos, beirais prolongados, escada com sombreamento para janela de uma das suítes e brises de proteção na área da garagem).

Na Figura 30, segue um esquema do lote escolhido para a elaboração do anteprojeto, conforme orientação solar do nascer e pôr do sol e das ventilações predominantes para a região Nordeste.

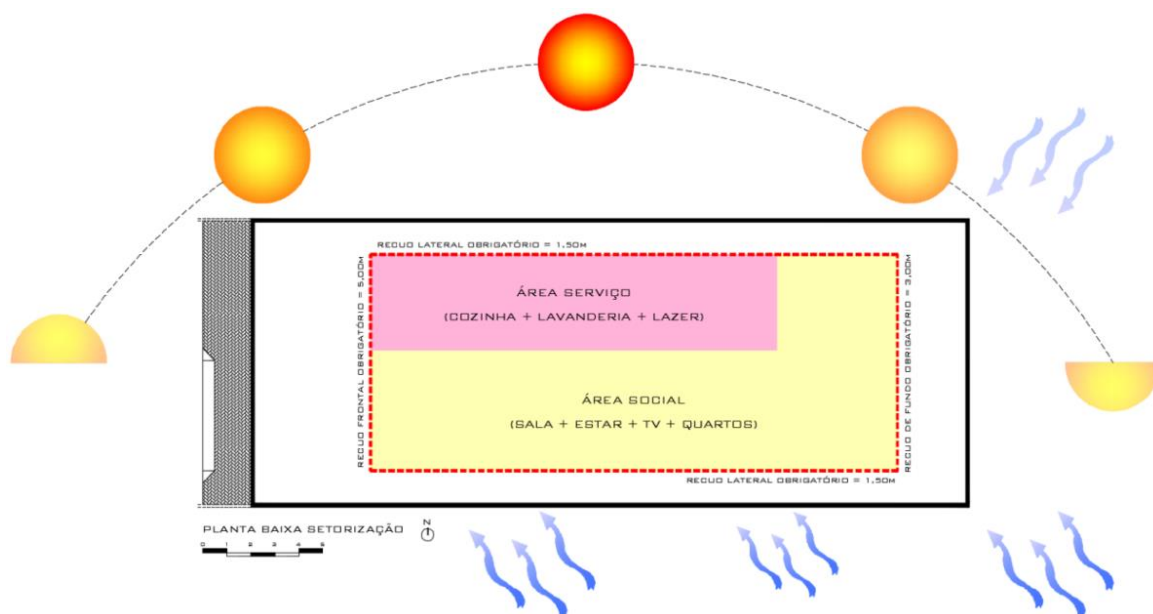


Figura 30. Esquema de orientação solar e direção dos ventos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Por razão da sua extensa área territorial, a análise de orientação das janelas e aberturas no Brasil deve ser feita de acordo com cada região, embora quase sempre janelas e aberturas voltadas para o norte proporcionem ambientes muito aquecidos no verão, gerando assim, condições de aumento excessivo de temperatura, principalmente quando não se tem a devida ventilação passiva (KRUGER; SEVILLE, 2016).

Esse estudo, juntamente com o tópico anterior, norteou a setorização dos ambientes, de forma que todos pudessem tirar o máximo de proveito das condições climáticas naturais. Assim, os setores que recebessem insolação direta foram locados para oeste e norte, e os ambientes de estar e dormitório foram inseridos na direção dos ventos dominantes e de insolação menos incidente.

A organização dada aos ambientes proporciona a ventilação cruzada por toda a residência, seja pela locação dos ambientes em áreas de melhor aproveitamento da ventilação natural predominante ou por meio de mecanismos incorporados pelas esquadrias (bandeiras localizadas nas partes superiores das portas, tabiques móveis para a esquadria da fachada frontal, efeito chaminé gerado por um pé direito mais elevado nas áreas de estar

associados a esquadrias basculantes localizadas em todo perímetro superior da residência, além de aberturas com tamanhos e aberturas diferentes, conforme mostram as Figuras 31 e 32).

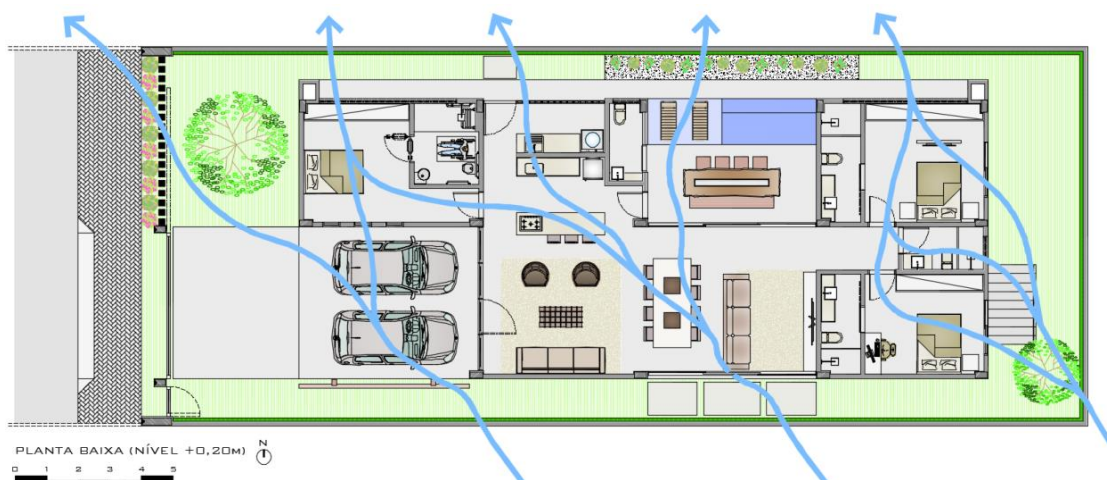


Figura 31. Planta baixa de layout da residência em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O pé direito duplo das áreas de estar permitem a entrada de ar frio, ocasionadas pela diferença de temperatura entre o ar quente do interior e o ar mais frio do exterior, fazendo com que o ar interno suba, atraindo para dentro o ar mais fresco e, geralmente, mais limpo nas partes mais baixas dos recintos e expulsando o ar quente e viciado pelo alto (HEYWOOD, 2015).

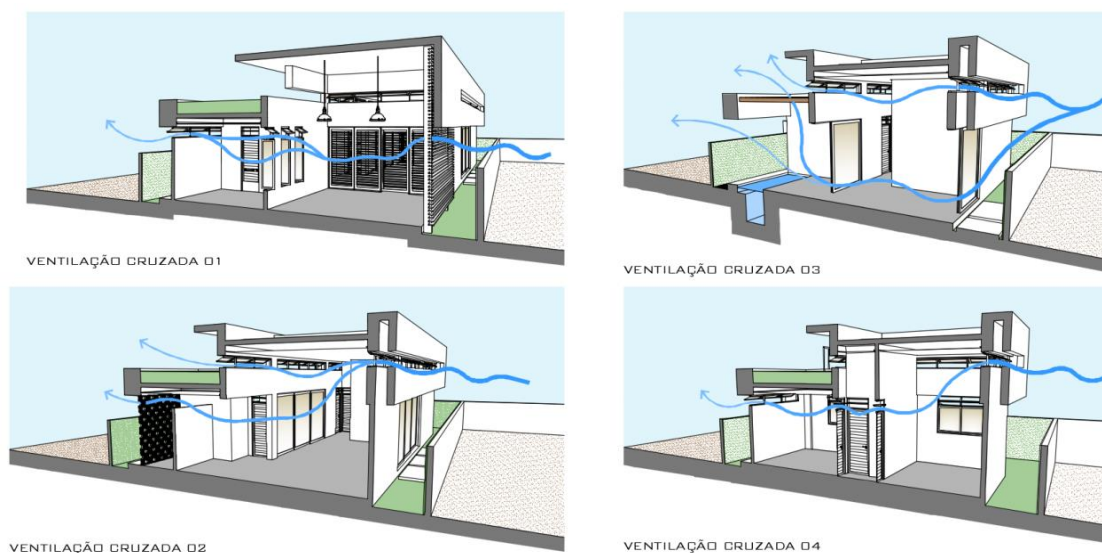


Figura 32. Esquemas de ventilação cruzada em cortes perspectivados.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Após levado em consideração as orientações anteriores, a forma da residência foi tomada, resultando conforme as Figuras 33 e 34.



Figura 33. Perspectivas externas da residência em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.



Figura 34. Perspectivas internas da residência em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

6.7. PRÉ-LANÇAMENTO ESTRUTURAL E RACIONALIDADE CONSTRUTIVA NO ANTEPROJETO ARQUITETÔNICO

6.7.1. FUNDAÇÕES

As fundações são a base da construção e por isso precisam ser dimensionadas e executadas com muita atenção. Para determinar o tipo de fundação e dimensioná-la

corretamente é preciso compreender a composição da obra, a topografia do terreno e o tipo de solo onde a casa será apoiada (ABCP, 2013a). A fundação inadequada afeta a vida útil da edificação, o funcionamento adequado das esquadrias e, em casos extremos, pode ocasionar o colapso da estrutura (ABCP, 2013a).

Após identificar o tipo de solo e a profundidade que se encontra o solo firme, é possível determinar o tipo mais adequado de fundação (ABCP, 2013a). Algumas condições do anteprojeto e do local que afetam a fundação são: (i) acessibilidade do local; (ii) inclinações existentes; (iii) nível do lençol freático; (iv) árvores que permanecerão no local; (v) risco de inundação; (vi) exigências de massa térmica; (vii) zona climática; (viii) quantidade de espaço necessário para o projeto (KRUGER; SEVILLE, 2016).

A fundação escolhida para a residência é do tipo direta, superficial e sapata isolada em formato piramidal (Figura 35), executadas em concreto armado, por se tratar de uma alternativa técnica e economicamente viável (KRUGER e SEVILLE, 2016). Para seu desenvolvimento, foram levadas em consideração as recomendações da NBR 6122 (ABNT, 1996) que trata do projeto e execução de fundações e estabelece os coeficientes de segurança para cada tipo de fundação, e também as condicionantes quanto à concretagem, armadura, carga estrutural e execução de cada tipo de fundação.

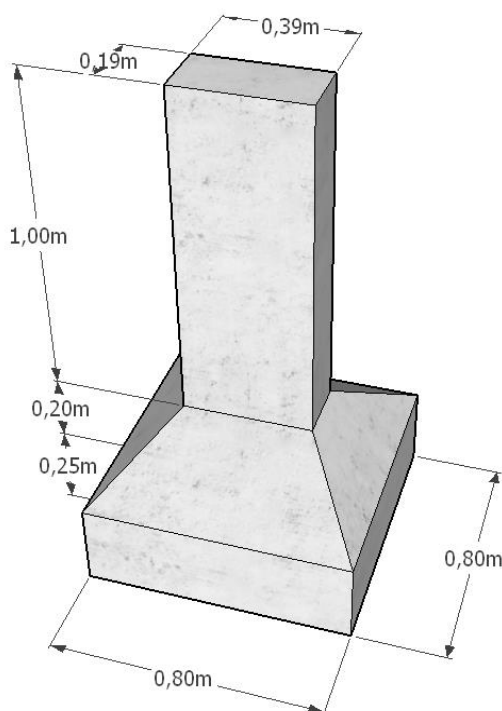


Figura 35. Sapata isolada em formato piramidal.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

6.7.2. SUPERESTRUTURA

A estrutura é o esqueleto da casa e ela suporta todas as cargas solicitadas, dividindo-se em dois conjuntos: infraestrutura (alicerces ou fundações) e superestrutura (elementos estruturantes situados acima do nível da fundação – pilar, viga e laje) (ABCP, 2013a).

Os seguintes caminhos dos elementos estruturais, que têm a função de suportar e distribuir as cargas que atuam sobre a casa, são (ABCP, 2013b):

- Lajes – Distribuem a carga recebida para os seus apoios, que usualmente são as vigas;
- Vigas – São elementos horizontais que encaminham a carga até os pilares;
- Pilares ou colunas – Dispostos na vertical, conduzem as cargas do edifício às fundações.

O mesmo raciocínio de modulação adotado para a alvenaria de vedação foi adotado para estrutura. Os pilares são módulos do bloco de vedação escolhido, assim, ficaram com as dimensões de 19 cm (09 cm x 2 + 01 cm para assentamento) por 39 cm (19 cm x 2 + 01 cm para assentamento), conforme a Figura 36.

Dessa forma, seguem as condições importas pela NBR 6118 (ABNT, 2014), que diz que em pilares maciços (independente do formato do pilar ou da coluna), sua seção transversal não pode ser inferior a 19 cm e não deve possuir área transversal inferior a 360 cm².

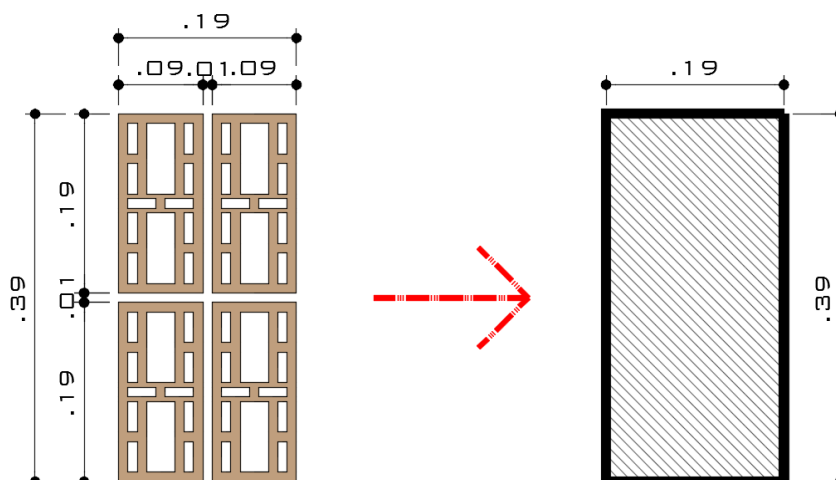


Figura 36. Modulação de pilar escolhida.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Com a modulação dos ambientes gerados pelo bloco de vedação escolhido, os pilares também foram locados a intervalos repetitivos, alternando as medidas entre seus eixos de 5,60m e 5,20m. Segundo a ABCP (2013b), as vigas devem ser distribuídas na planta de modo a garantir uma estrutura sólida, servindo, por exemplo, para ligar os pilares e formar pórticos estruturantes, dividir uma laje de grandes dimensões ou suportar uma parede para evitar que ela se apoie diretamente na laje. Assim, recomenda-se que os vãos livres das vigas fiquem entre 3 m e 5 m, considerando-se que vãos menores geram desperdício de material e vãos maiores exigem lajes mais espessas (Figura 37).

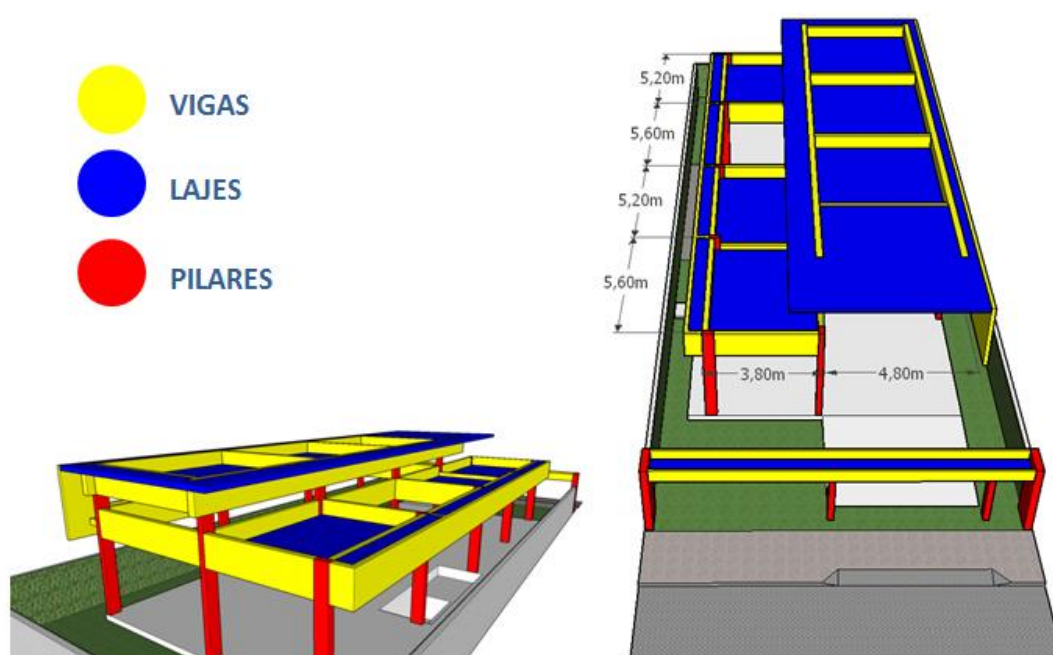


Figura 37. Modulação adotada para estrutura.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A estrutura independente permite uma maior flexibilidade e formas de fechamento do espaço, além de facilitar a alteração de compartimentos (através do piso único e sem desníveis da residência).

O concreto armado é uma solução estrutural já incorporada à cultura brasileira quando se trata de construção de casas. Desde que a estrutura seja bem pensada e executada, o resultado final será de uma obra segura, durável e de pouca manutenção (ABCP, 2013b). Os índices de aplicação da estrutura de concreto nos escritórios de projetos são em média de 67%, enquanto de alvenaria estrutural é de 13%, estrutural metálica 12%, estrutura de madeira 7% e steel frame de 1% (BATISTA, 2016).

Dentre as diversas vantagens da estrutura em concreto, pode-se destacar (ABCP, 2013b):

- Custo reduzido, principalmente para obras de pequeno porte;
- Durabilidade, pois a resistência de um bom concreto aumenta com o tempo;
- Adaptação a qualquer tipo de forma;
- Boa resistência ao fogo (com cobrimento adequado das armaduras);
- Poucas ações de conservação;
- Facilidade de execução, quanto ao seu emprego e manuseio.

As lajes escolhidas foram feitas com elementos pré-fabricados treliçados, visto que economiza diversos recursos, como tempo, mão de obra e materiais, além de ser mais fácil executar (ABCP, 2013b). As lajes pré-fabricadas são constituídas por vigas ou vigotas de concreto pré-fabricadas, elementos de enchimento, armadura complementar (de distribuição, negativa e de travamento) e capa de concreto (ABCP, 2013b), conforme mostra a Figura 38.

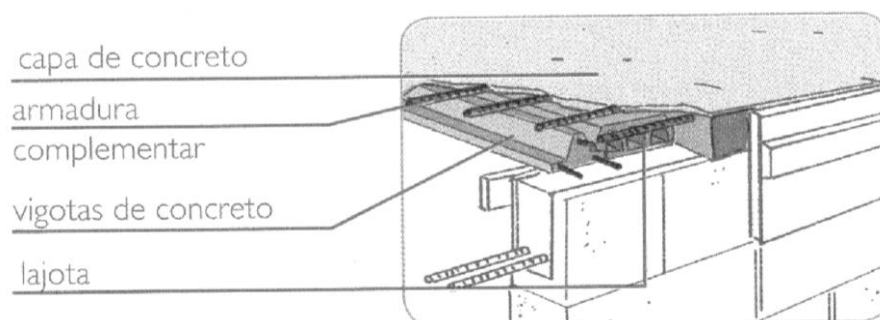


Figura 38. Corte em perspectiva do tipo de laje escolhida para residência em estudo.

Fonte: ABCP, 2013b.

6.7.3. ALVENARIA DE VEDAÇÃO

A alteração de compartimentos internos para que o edifício possa atender a diferentes usos é um ponto importante no projeto arquitetônico. Para isso, a independência física dos ambientes pode ser facilmente alcançada por meio de elementos não estruturais desmontáveis ou que possam ser destruídos (JOURDA, 2013).

O bloco de vedação escolhido foi aquele que apresentasse algumas características específicas, tais como: (i) fácil manejo e modulação; (ii) propriedades térmicas favoráveis ao clima da região Nordeste; (iii) fabricação local (poupando-se os gastos relacionados a emissões com transportes); (iv) redução de desperdícios.

Após pesquisas de mercado pela região, encontrou-se um tipo de alvenaria que satisfazia os tópicos anteriores (ver Figura 39).

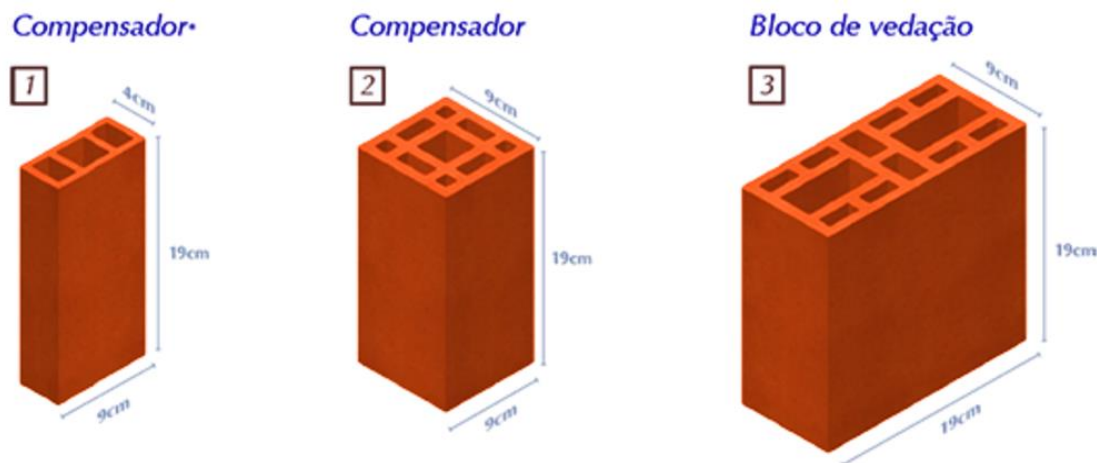


Figura 39. Sistema racionalizado de vedação.

Fonte: CINCERA, 2016.

De acordo com o fabricante, os blocos da Figura 39 escolhidos são, aproximadamente, 35% mais leves que os blocos de concreto. Além disso, os mesmos são assentados na vertical (com os furos voltados para cima), de forma que a passagem dos eletrodutos possa ser feita sem a quebra do bloco (ver Figura 40) e a instalação das caixas elétricas furadas em um único ponto, evitando-se assim, perda de material (CINCERA, 2016).

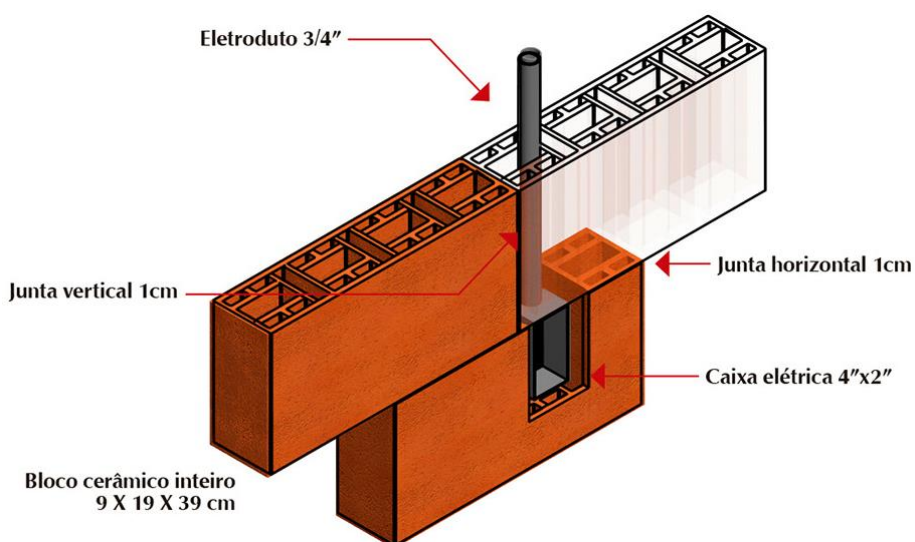


Figura 40. Esquema de passagem dos eletrodutos pelo interior do bloco.

Fonte: CINCERA, 2016.

O dimensionamento de uma obra deve ser guiado pela utilização da quantidade exata dos materiais necessários (JOURDA, 2013). Após escolha dos tipos e dimensões dos blocos, a residência foi pensada a ser modulada com base no bloco de vedação, com dimensões 09 cm x 19 cm x 19 cm, considerando-se sempre as juntas de assentamento com 01 cm de espessura. Para o assentamento, dois tipos de desenhos técnicos foram elaborados: (i) planta baixa de marcação de alvenarias, que considera o assentamento dos blocos na horizontal (Figura 41); e (ii) gabarito padrão, que considera o assentamento dos blocos na vertical (Figura 42).

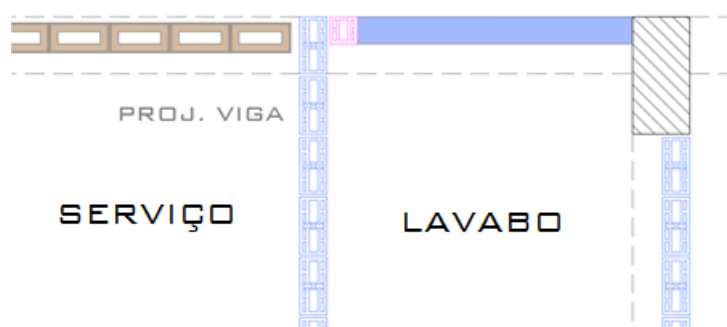


Figura 41. Planta baixa marcação de alvenaria (ver completa na Prancha 08 no fim deste trabalho).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

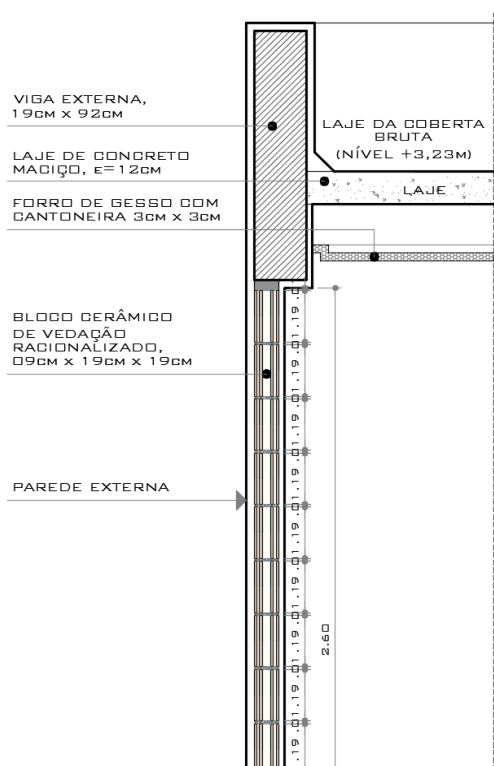


Figura 42. Corte de parede externa (ver completo na Prancha 09 no fim deste trabalho).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

6.8. PISOS, PAREDES E REVESTIMENTOS

A escolha dos materiais utilizados para a residência são aqueles obedecem as seguintes qualidades elencadas por Keeler e Burke (2010):

- Durabilidade;
- Embalagem mínima;
- Processamento mínimo sem produtos derivados nocivos;
- Produção mínima de resíduos ao longo do ciclo de vida;
- Alto percentual de conteúdo reciclado, podendo ser pré-consumido, mas, preferencialmente, pós-consumido;
- Uso mínimo de recursos naturais, mas, se utilizados, que seja ao máximo;
- Altos níveis de conteúdo de demolição, reutilização ou recuperação;
- Ser feito de materiais renováveis;
- Ser feito de materiais com base biológica;
- Necessidade de limpeza e manutenção baixa ou mínima;
- Possibilidade de desmontagem em elementos separados;
- Ter componentes que possam ser reutilizados junto a produtos finais preexistentes ou planejados;
- Ter componentes que possam ser reciclados;
- Causar impactos reduzidos ou nulos na atmosfera, água, solo e ar durante todas as fases do ciclo de vida.

Tomando como base os tópicos acima, uma boa estratégia para minimizar o impacto da radiação solar é aumentar a refletância das superfícies externas, que se refere a uma propriedade física relacionada à cor, temperatura ambiente e da rugosidade da superfície, de forma que, quanto maior for a refletância, menor será a absorção da radiação solar pelos materiais (WASSOUF, 2016). Uma cobertura ou parede de cor escura absorve até 20 vezes mais energia solar que uma de cor clara (HEYWOOD, 2015), dessa forma, tanto as fachadas externas da residência quanto as paredes internas receberam cores claras (branco, bege, cinza claro).

Por conta da frequente incidência de insolação sobre a fachada norte ao longo do dia, um isolamento térmico foi criado com os pedaços restantes da fabricação das esquadrias de madeira para que o calor recebido por essa fachada fosse retardado ao passar para o

ambiente interno. De acordo com Wassouf (2016), existe uma ideia preconcebida entre arquitetos e engenheiros de que um isolamento térmico excessivo tendo a prejudicar a edificação, pois o calor ganho durante o dia tem mais dificuldade para se dissipar durante a noite. Porém, isso só se justifica em casos que esse problema não está associado a boas estratégias de ventilação natural noturna (que não é o caso da residência em estudo).

6.9. TELHADOS E COBERTURAS

De acordo com a ABCP (2013b) um bom teto, composto por cobertura e forro, protege a residência da infiltração de água e de vento, impede a entrada de insetos e animais e ameniza a temperatura dos cômodos. Na edificação foram utilizados dois tipos de coberturas: Laje de concreto e Telhado Verde.

O Telhado Verde ou ainda, telhado vegetado ou ecotelhado, pode ser definido como um sistema de coberturas constituídos por camadas que proporcionam a sobrevivência e integridade física de uma massa de vegetação sobre a superfície superior da edificação (PARIZOTTO FILHO, 2010)

Os telhados verdes também são uma forma de melhorar a qualidade da água pela redução de temperatura e filtragem dos contaminantes presentes no escoamento por meio das raízes da vegetação e absorção do solo, melhorando seu desempenho à medida que a vegetação cresce (KEELER; BURKE, 2010). Além disso, tais coberturas absorvem 75% de precipitações de meia polegada (1,3cm) ou menos, ajudando de forma direta a reduzir o volume de escoamento pluvial (KEELER; BURKE, 2010).

Esse tipo de tecnologia tem sido estudado e desenvolvida em larga escala nas últimas décadas ao redor do mundo devido principalmente a estratégias bioclimáticas para o aumento da eficiência energética das edificações e do conforto térmico dos usuários, principalmente nos períodos de calor, em que as coberturas verdes podem assumir um papel importante na adaptação das cidades às mudanças climáticas (PARIZOTTO FILHO, 2010).

Os telhados verdes são originários da Alemanha e se tornaram popular na Europa na década de 1960, sendo essa técnica incorporada no Brasil apenas nos últimos anos principalmente pela falta de tecnologias nacionais (MAGALHÃES, 2016).

Existem basicamente duas tipologias construtivas de telhado verde (PECK; KUHN, 1999 *apud* PARIZOTTO FILHO, 2010):

- **Extensivos:** caracterizados pelo seu baixo peso (70 a 170kg/m²), pela camada de substrato delgada (5 a 15cm), pela baixa necessidade de manutenção (espécies de plantas rasteiras e tolerantes à seca), e pelo baixo custo. Podem ser incorporados em coberturas existentes sem necessidade de modificações estruturais e podendo ser edificados com inclinação de até 40%;
- **Intensivos:** caracterizados pelo alto peso (300 a 900kg/m², podendo suportar até árvores), pela camada de substrato espessa (20 a 60cm), pela grande necessidade de manutenção (maior variedade de plantas, necessidade de irrigação frequente), e pelo alto custo.

Esse tipo de cobertura foi escolhido pelas suas inúmeras vantagens, das quais podem-se citar (KRUGER; SEVILLE, 2016):

- Fornecem isolamento adicional;
- Reduzem a transmissão de som e podem aumentar a vida útil da cobertura da membrada, protegendo-a da luz UV e de danos;
- A vegetação ajuda a reduzir a temperatura do telhado, minimizando assim o efeito de ilha de calor, bem como ajuda a reduzir a quantidade de escoamento de águas pluviais;
- Uma cobertura verde espessa (50 cm de solo ou mais) gerará um retardo térmico de pelo menos doze horas (HEYWOOD, 2015).

Pelas vantagens e características apresentadas anteriormente, o telhado escolhido para a residência em estudo é do tipo extensivo, localizado na fachada norte, como pode ser visto na Figura 43 e na Planta de Locação e Coberta da Prancha 01 (no final deste trabalho).

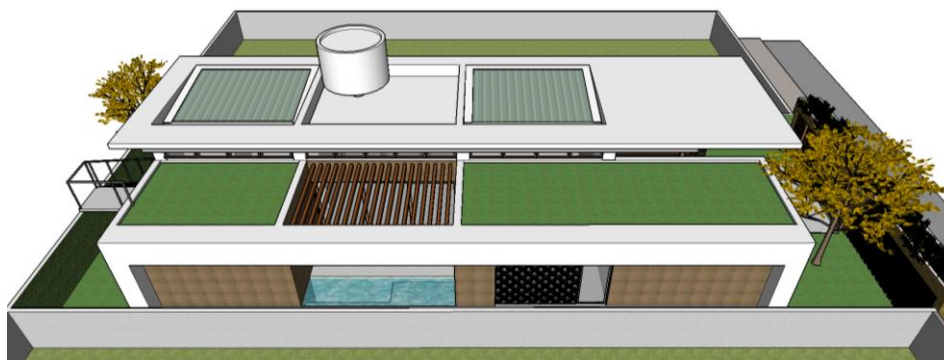


Figura 43. Perspectiva aérea da fachada norte.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Algumas plantas utilizadas nos telhados verdes brasileiros são as popularmente conhecidas: capuchinha, verbena, grama são carlos, lambari roxo, lantana, vedélia, clorofito, lambari, aspargo, bulbine, alho social, dinheiro-em-penca, clúsia, grama-esmeralda, grama-amendoim e boldo brasileiro, todas essas de espécies nativas e que não necessitam de grandes cuidados (ECOTELHADO, 2016).

O outro tipo de cobertura utilizado foi o de laje pré-fabricada plana impermeabilizada (conforme Figura 43) com telhas termoacústicas (telha sanduíche) em dois de seus pontos, formadas por duas camadas de telhas metálicas e poliestireno expandido (EPS) em seu interior (Figura 44), que garante o controle térmico dos ambientes.

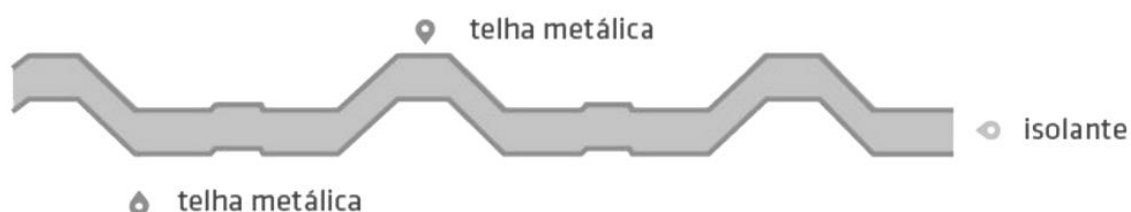


Figura 44. Estrutura de uma telha termoacústica (telha sanduíche).

Fonte: KANTOR, 2016.

6.10. ESQUADRIAS

A escolha do tipo de esquadrias deve considerar uma série de aspectos técnicos, tais como a funcionalidade, segurança e qualidade dos componentes, além dos aspectos arquitetônicos relacionados ao estilo dos revestimentos, acabamentos, mobiliário etc. (ABCP, 2013b). De acordo com Roaf, Fuentes e Thomas-Rees (2014), alguns elementos fundamentais para o projeto de esquadrias são:

- Projetar a janela para um propósito específico;
- Iluminar o centro da casa tão bem quanto seus cômodos periféricos;
- Não fazer janelas muito grandes sem proteção contra o sol. Isso é importante para evitar o superaquecimento na casa;
- Considerar o problema do ofuscamento nos recintos;
- Certificar-se de que as posições das janelas permitam distribuir a mobília de forma fácil.

As esquadrias de aço possuem o menor custo, porém é exigida uma maior manutenção (principalmente em áreas litorâneas), diferentemente das esquadrias de alumínio, que apesar de possuírem custo mais elevado são mais duráveis e exigem menor manutenção (ABCP, 2013b). Já as esquadrias de madeira apresentam uma grande versatilidade, principalmente em relação a cores e texturas naturais, garantindo um efeito estético sofisticado. Seu custo fica por conta do modelo específico da peça e do tipo de madeira escolhido, sendo a madeira de lei mais rara e com qualidade superior (ABCP, 2013b).

Apesar de exigirem uma maior demanda por manutenção, limpeza e cuidados com a umidade, neste anteprojeto, foram utilizadas esquadrias de madeira e vidro duplo, em função de:

- **Estética** – apesar de já se ter uma vasta gama de opções por revestimentos que imitam a madeira, a beleza natural dela é incomparável e faz a diferença em qualquer projeto, deixando os ambientes mais requintados e charmosos;
- **Trabalhabilidade** – é um material bastante versátil, fácil de trabalhar, não exigindo grandes complexidades no equipamento necessário para moldá-las;
- **Durabilidade** – desde que não esteja exposta a intempéries, a madeira se apresenta como um material bastante durável;
- **Personalização** – a madeira permite criar uma própria personalização, que pode influenciar no desempenho da edificação (permitir a passagem de vento, por exemplo), ou simplesmente dar um toque único à casa, podendo aumentar seu valor de venda.

O dimensionamento das esquadrias foi feito com base na profundidade dos ambientes. Em cômodos de até cerca de 7m de profundidade, com janelas em apenas uma parede, as esquadrias deverão ocupar cerca de 20% da área desta, conforme recomendações de Heywood (2015). Além disso, também foram projetadas em função da orientação solar da fachada e dos eventuais sombreamentos.

Os modelos utilizados na residência são os expostos na Figura 45.



Figura 45. Esquadrias de madeira utilizadas na residência.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

6.11. CONFORTO ACÚSTICO

Da mesma forma que acontece com a luz, em que as diferentes cores (ou frequências) são absorvidas de diferentes formas, o tratamento da interação do som com o edifício tem propriedades semelhantes aos provocados pela radiação solar. Assim como esta última, para evitar-se o ruído, devem-se dispor obstáculos para amenizar sua chegada ao ambiente construído (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Apesar de estar situada em um bairro predominantemente residencial, a edificação tem uma de suas fachadas voltada diretamente para a rua local. Como forma de amenizar os ruídos externos, provocados principalmente pelo fluxo de automóveis, a estratégia projetual foi de local o cômodo de menor uso para esta fachada, de forma que os moradores não fossem afetados diretamente, por isso não foi trabalhado nenhum tipo de abertura para fachada oeste, deixando a parede lisa e os dormitórios longe da rua.

A ação sobre o percurso do som foi feita também através da vegetação proposta, formada pela árvore no jardim frontal e arbustos plantados na divisa do muro com a calçada, pensada propositalmente com a finalidade de servir como obstáculo à propagação do ruído gerado pela rua (Figura 46).

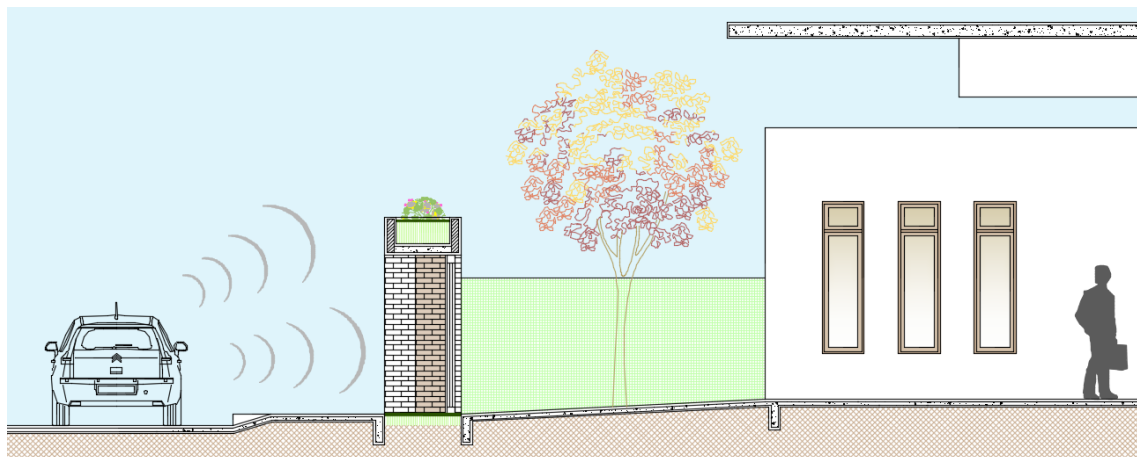


Figura 46. Corte longitudinal esquemático de fontes de ruído provindos de áreas externas à residência.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

De acordo com a NBR 10152 (ABNT, 1987) – Níveis de Ruído Para Conforto Acústico, que fixa os parâmetros de conforto acústico para diferentes tipos e finalidades de ambientes em edificações, os níveis de ruído toleráveis para dormitórios estão entre 35 e 45 dBA e entre 40 e 50 dBA para salas de estar.

6.12. INSTALAÇÕES PREDIAIS

6.12.1. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E PROJETO LUMINOTÉCNICO

O projeto de instalações elétricas, quando harmoniosamente integrado e compatibilizado aos demais projetos do edifício, proporcionará, além de fácil execução, manutenção e diminuição de riscos de acidentes, uma maior economia na aquisição dos materiais, no consumo de energia e evitará o superdimensionamento (ou sub) de circuitos e mau funcionamento dos aparelhos e equipamentos (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). O projeto de áreas com tubulações (cozinha, banheiro, lavanderia, etc.) próximas economiza custos ao reduzir o uso de material e o aumentar a eficiência do sistema (KRUGER; SEVILLE, 2016). Segundo a ABCP (2013c), uma instalação elétrica mal dimensionada pode encarecer em até 40% a conta de luz de uma residência.

A instalação elétrica da residência foi feita levando-se em consideração o bloco de alvenaria escolhido, com assentamento vertical (furos para cima) e com os pontos locados no eixo de cada furo, para que o bloco não precisasse ser quebrado e só fossem feitos dois furos, o de entrada dos conduítes e o das caixas de tomada (Figura 47), podendo ser notado melhor na Prancha 11 no final deste trabalho.

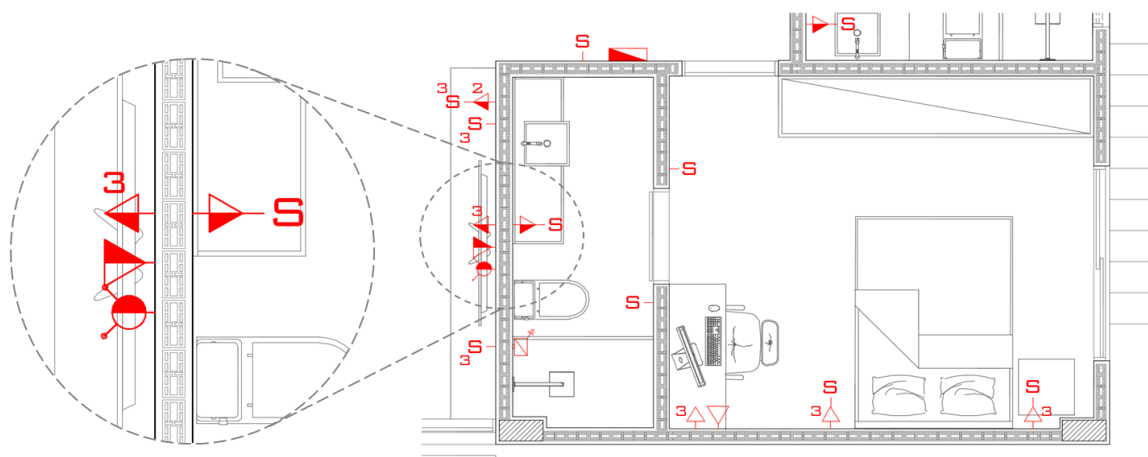


Figura 47. Planta baixa de pontos elétricos com ampliação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

As principais normas referentes a esse assunto são a NBR 5410 (ABNT, 2004f) – Instalações Elétricas de Baixa Tensão e também a NBR 14136 (ABNT, 2002) – Plugues e Tomadas Para Uso Doméstico e Análogo Até 20 A/250 V Em Corrente Alternada – Padronização.

Algumas vantagens do uso racional da energia elétrica em uma edificação são (CARVALHO JÚNIOR, 2015b):

- Redução das despesas com a eletricidade;
- Melhor aproveitamento das instalações e equipamento elétricos;
- Redução dos investimentos para a construção de usinas e redes elétricas com consequente redução dos custos da energia elétrica.

A luminotécnica tem a função de dispor, quantificar e integrar os pontos de luz interno e externo em uma edificação (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Para um bom desempenho do sistema, a decisão e definição dos sistemas artificiais e naturais, bem como a qualidade, tecnologia e rendimento dos seus componentes (lâmpadas, luminárias, reatores, sistema de controle, janela, etc.) são uma de suas principais decisões a serem tomadas (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Os aparelhos de iluminação (luminárias) têm, principalmente, as funções de: permitir a produção de luz por lâmpadas que possam ser substituídas; filtrar ou modificar a luz emitida pelas lâmpadas; evitar ofuscamento; dirigir a luz para onde for desejado; e ainda servir como elemento de decoração (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Para saber a quantidade de pontos de luz, suas potências e sua distribuição, é

necessário levar-se em consideração a área do ambiente, o tipo de luz, o modelo da luminária, o tipo de pintura nas paredes e o fator de manutenção (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

A iluminação emitida pelos aparelhos de iluminação pode ser classificada conforme a sua distribuição, como mostrado no quadro abaixo.

Tabela 2. Sistemas de iluminação.

Iluminação direta	A totalidade do fluxo luminoso emitido é dirigido sobre a superfície a iluminar.	Evita que haja grandes perdas por absorção no teto e nas paredes. Produz grandes sombras e encadeamento.
Iluminação semi-direta	A maior parte do fluxo é dirigido para a superfície a iluminar (60% a 90%), dirigindo-se o restante noutras direções.	Neste caso o contraste sombra-luz não é tão acentuado como no sistema de iluminação direta.
Iluminação difusa ou mista	O fluxo luminoso distribui-se em todas as direções.	Não há praticamente zonas de sombra nem encadeamento. Uma boa parte do fluxo luminoso chega à superfície a iluminar por reflexão no teto e paredes.
Iluminação semi-indireta	Cerca de 60% a 90% do fluxo luminoso é dirigido ao teto.	Evita praticamente o encadeamento. Tem a desvantagem de proporcionar um baixo rendimento luminoso devido às elevadas perdas por absorção no teto e paredes.
Iluminação indireta	Neste tipo de iluminação 90% a 100% do fluxo luminoso é dirigido para o teto.	Anula o encadeamento. Tem um rendimento luminoso devido às elevadas perdas por absorção no teto e paredes.

Fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2015b.

Uma boa iluminação, racionalmente distribuída nos ambientes, apresenta diversos benefícios (CARVALHO JÚNIOR, 2015b):

- Proteção à vista;
- Elevação do rendimento do trabalho;
- Diminuição de erros e acidentes;
- Contribuição de um maior conforto, bem-estar e segurança.

Para se economizar energia elétrica na iluminação, algumas medidas podem ser adotadas, tais como (CARVALHO JÚNIOR, 2015b):

- Escolher corretamente o tipo da lâmpada e luminária que serão utilizadas;
- Sempre que possível dar preferência à luz natural;
- Evitar-se o uso de cores escuras nos tetos e paredes, pois exigem lâmpadas mais fortes que consomem mais energia;
- Limpar periodicamente paredes, janelas, forros e pisos, pois uma superfície limpa reflete melhor a luz, de modo que menos iluminação artificial se torne necessária;
- Verificar a possibilidade de instalação de *timer* para controle de iluminação externa;
- Melhoria de hábitos diários, tais como evitar acender lâmpadas durante o dia ao invés de abrir bem as janelas e cortinas.

6.12.2. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

a) Água Fria

O sistema escolhido para abastecimento da residência é do tipo misto, em que parte da alimentação da edificação é feita pela rede pública (caso das torneiras externas) e todo o interior da mesma, feito por sistema indireto sem bombeamento (sistema mais utilizado em edificações de até três pavimentos), fazendo-se uso de reservatórios d'água localizados na laje de cobertura. Esse tipo de sistema tem como principal vantagem minimizar os problemas referentes à intermitência, irregularidade no abastecimento de água e variação de pressões na rede pública, garantindo assim o abastecimento interno mesmo que o fornecimento da rede pública seja provisoriamente interrompido.

Assim como na instalação elétrica, a instalação hidráulica da residência levou em consideração o bloco de alvenaria escolhido, com assentamento vertical (furos para cima) e com os pontos locados no eixo de cada furo, para que o bloco não precisasse ser quebrado e só fossem feitos dois furos, o de entrada das tubulações e o dos pontos de água (Figura 48), podendo ser notado melhor na Prancha 13 em no final deste trabalho.

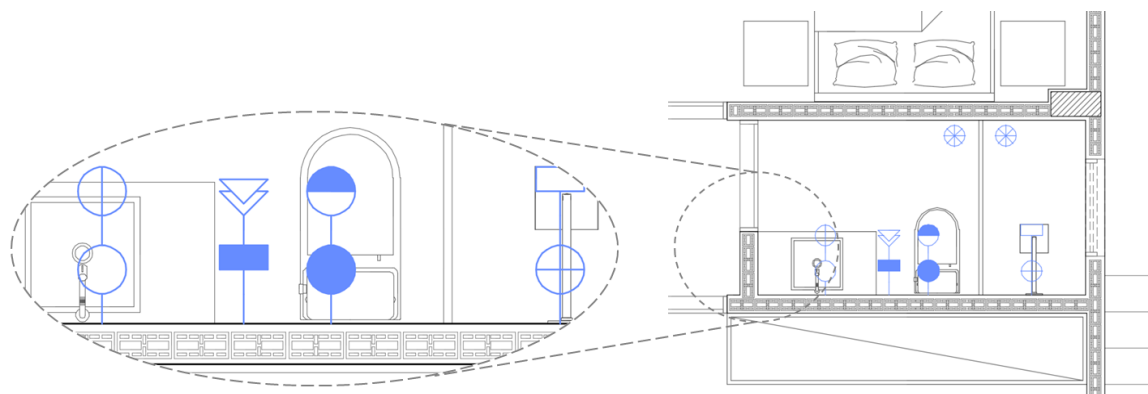


Figura 48. Planta baixa de pontos hidráulicos com ampliação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A norma utilizada para elaboração do projeto hidráulico de água fria é a NBR 5626 (ABNT, 1998) – Instalação Predial de Água Fria, que trata das condições mínimas de higiene, segurança, economia e conforto dos usuários.

b) Água Quente

Dentre as principais fontes de energia para o aquecimento de água, as mais conhecidas são a elétrica, a gás e a solar. A escolha por um desses sistemas deve levar em consideração diversos fatores, tais como: economia de energia; hábitos de consumo dos moradores; quantidade de pontos da casa que terão água quente; disponibilidade de sistema no mercado e da mão de obra qualificada para sua instalação; relação entre custo e benefício dos equipamentos; adaptações da moradia para instalação, etc. (ABCP, 2013c).

Os sistemas de aquecimento de água podem ser de dois tipos:

- **Sistemas de passagem** – A água é aquecida na hora do uso, durante sua passagem pelo interior do aparelho (é o caso do chuveiro). O sistema exige a colocação de um aparelho em cada ponto de consumo de água quente. Os aquecedores de passagem podem ser elétricos e a gás (ABCP, 2013c).

- **Sistemas por acumulação** – Nele, a água é aquecida e depois armazenada em um reservatório chamado boiler, que pode ser instalado sob o telhado, sobre a laje ou em estruturas específicas para ele. O boiler mantém a água quente e a distribui por pontos da casa. O aquecedor pode ser a gás, elétrico ou solar (ABCP, 2013c).

A norma que rege as instalações de água quente é a NBR 7198 (ABNT, 1993) – Projeto e execução de instalações prediais de água quente, que estabelece: (i) o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente e temperatura

controlável, com segurança, aos usuários, com as pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento das peças de utilização e das tubulações; (ii) preservação rigorosa da qualidade da água; (iii) proporção do nível de conforto adequado aos usuários; (iv) racionalização do consumo de energia.

No Brasil, o principal aparelho de aquecimento de água residencial é o chuveiro elétrico, devido à sua facilidade de instalação e baixo custo unitário. Porém, o mesmo também é o principal contribuinte dos elevados valores finais na conta de energia, o que faz com que hoje, a avaliação de meios alternativos ao aquecimento de águas sejam fundamentais (ABCP, 2013c).

Assim, o tipo de sistema de aquecimento de água escolhido para residência em estudo é o sistema solar de acumulação, devido ao menor consumo de energia elétrica entre os sistemas de aquecimento, baixo valor na instalação, pouca manutenção, aproveitamento da insolação da cobertura que não recebe sombras diretamente, espaço disponível para instalação do sistema, dentre outras, abordado no tópico 6.15.1.

c) Águas Pluviais

O sistema de coleta e uso de água pluvial para usos domésticos não potáveis/não nobres (que não exigem tanta qualidade quanto à potabilidade) é formado, basicamente, por: captação, condução, tratamento, armazenamento, tubulações sob pressão, sistema automático ou manual de comando e utilização. Esse tipo de água é indicado para usos de descargas de bacias sanitárias e mictórios, limpeza de pisos e paredes, rega de jardins, lavagem de veículos, etc. (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

O funcionamento do sistema segue a sequência (FERREIRA, 2014):

1. Captação da água da chuva pelas calhas;
2. Condução da água ao pré-filtro (ou caixa retentora de folhas e detritos) para limpeza dos materiais grosseiros em suspensão na água;
3. Desinfecção da água feita através da adição de cloro, para a eliminação dos micro-organismos;
4. Filtragem para separação sólido-líquido, com finalidade de remoção das impurezas e materiais mais finos em suspensão;
5. A água chega até a cisterna e a sujeira é descartada.

Simplificadamente, o sistema é conforme o esquema da Figura 49 abaixo:

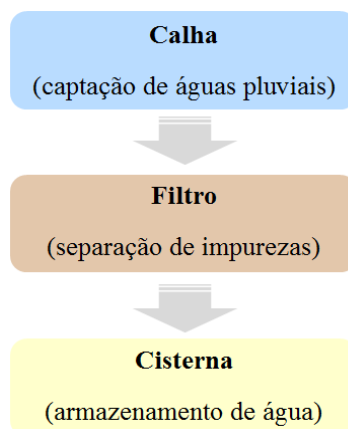


Figura 49. Sequência do funcionamento do sistema de águas pluviais.

Fonte: Adaptado de CARVALHO JÚNIOR, 2015b.

O sistema de aproveitamento de água pluvial está diretamente ligado ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, que busca atender a demanda de água pelo maior período possível, com o menor custo de implantação e manutenção (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Algumas das vantagens da conservação de água nas edificações são (EDWARDS, 2013):

- Redução das tarifas;
- Preservação das águas subterrâneas para as futuras gerações;
- Redução da pressão sobre as infraestruturas de abastecimento de água;
- Redução da pressão para a construção de reservatórios;
- Redução do uso de água quente (economia de energia);
- Redução do consumo de água nos sistemas de abastecimento e saneamento (economia de energia).

O sistema escolhido para a residência em estudo é o de aproveitamento de águas pluviais integrado ao sistema de infiltração, aumentando, dessa forma, o controle do escoamento superficial e ajudando a reduzir os problemas causados pelas enchentes urbanas.

Com esse tipo de sistema, segundo Carvalho Júnior (2015b) “[...] o edifício mais sustentável do ponto de vista de gestão de água pluvial será aquele que conseguir aproveitar a água pluvial e infiltrar o excedente de tal forma que o sistema de drenagem urbana não receba nenhuma gota de água pluvial.”.

6.12.3. INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

A rede de esgoto sanitário tem como principal função coletar as águas servidas dos diversos pontos de água (cozinha, área de serviço, banheiro) e da bacia sanitária, de forma que permitam rápido escoamento, fácil desobstrução além de não permitir a vedação de gases e contaminação da água limpa para o interior da residência (ABCP, 2013c).

O destino final que pode ser dado ao esgoto sanitário: (i) a rede pública coletora de esgotos; (ii) um sistema particular de recebimento e pré-tratamento em regiões que não dispõem de sistema de coleta e transporte de esgotos (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

A norma que trata de instalações hidráulicas de esgoto sanitário é a NBR 8160 (ABNT, 1999) – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário: Projeto e Execução, que dispõe sobre as condições técnicas para projeto e execução das instalações prediais de esgotos sanitários, em atendimento às exigências mínimas quanto à higiene, segurança, economia e conforto dos usuários.

Para a residência, a rede coletora de esgoto sanitário é formada por tubulação simples de PVC para habitações e caixas de inspeção também em PVC pela sua facilidade de instalação.

As águas servidas de cada trecho devem ser encaminhadas para uma caixa específica. Para isso, a instalação é dividida em ramais (banheiro, cozinha, área de serviço) da seguinte forma (ABCP, 2013c):

- **Banheiros** – A água é coletada pelo ralo seco e encaminhada ao ralo sifonado, que também recebe a água do lavatório. Essa água será levada para a caixa de inspeção, que é destinada a permitir a inspeção, limpeza e desobstrução das tubulações de esgoto. No caminho, receberá a água servida da bacia sanitária;

- **Cozinha** – Instalação de sifão sob a pia e a água descartada é encaminhada para a caixa de gordura, que tem por função reter, em sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando, dessa maneira, que esses componentes escoem livremente pela rede de esgoto e gerem obstrução (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). O sifão é um desconector destinado a receber efluentes da instalação de esgoto sanitário. Esse dispositivo contém uma camada líquida (altura mínima de 5cm), chamada “fecho hídrico”, destinada a vedar a passagem dos gases contidos nos esgotos (CARVALHO JÚNIOR, 2015b);

- **Área de Serviço** – A água do tanque e do ralo sifonado é encaminhada para a caixa de inspeção (sabão).

Ramal de descarga é a tubulação que recebe diretamente os efluentes de aparelhos sanitários (lavatório, bidê, bacia, etc.) (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Ramal de esgoto é aquele que recebe os efluentes dos ramais de descarga, tendo sua ligação, em caso de residências térreas, efetuadas por caixa de inspeção (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Após o encaminhamento de cada ramal para as respectivas caixas de inspeção, é feito o encaminhamento para uma última caixa antes de chegar à rede de abastecimento ou fossa.

A tubulação é enterrada de acordo com o tipo de tráfego do local. Como na residência o fluxo é predominantemente de pedestres, os tubos ficam enterrados a uma profundidade mínima de 30 cm, utilizando apenas terra limpa e sem pedras ou entulhos que possam danificar o tubo (ABCP, 2013c).

6.13. ESPAÇOS EXTERNOS E PAISAGISMO

De acordo com Kruger e Seville (2016), o paisagismo pode providenciar sombra para as aberturas, reduzindo o ganho de calor no verão, esfriando o ar em razão da evapotranspiração e refrescando a temperatura superficial abaixo delas, economizando energia e reduzindo o efeito das ilhas de calor. Podem ainda, segundo Heywood (2015), barrar em até 85% da radiação solar durante o verão e permitir que até 70% da energia do sol atravessasse seus galhos nus no inverno quando estão sem folhas.

Dessa forma, as áreas exteriores à residência foram tratadas com vegetação. Grama para as áreas de passeio e jardim vertical no muro, como forma de aumentar a permeabilidade (drenagem natural das águas de chuva, alimentando o lençol freático) e amenizar a reflexão dos raios solares.

Uma única árvore madura, com copa aproximada de 9 metros, pode evaporar até 150 L de água em um dia, o que equivale a retirar todo o calor produzido em quatro horas por meio de um pequeno arrefecedor de ambientes (KRUGER; SEVILLE, 2016). Dessa forma, duas árvores também foram plantadas com finalidade de amenizar as temperaturas interiores e o microclima local: uma na parte frontal da residência (gerando sombra para parede poente) e outra na parte posterior (filtrando a insolação direta em uma das suítes), conforme mostra a Figura 50.



Figura 50. Fachadas frontal e posterior, respectivamente, mostrando sombreamento gerado pelas árvores propostas.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

6.14. ACESSIBILIDADE

Segundo Day (2014), muitas pessoas sofrerão de deficiências físicas entre 60 a 80 anos devido ao aumento da expectativa de vida. Cada vez mais pessoas viverão por 20 ou 30 anos com algum tipo de incapacidade física.

Desta forma, a residência, em estudo, foi projetada, também, para atender as Pessoas com Deficiência (PCD) conforme as diretrizes estabelecidas pelas NBR 9050 (ABNT, 2015) – Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos, com circulações organizadas de forma clara, sem obstáculos, facilitando sempre o deslocamento de pessoas com necessidades especiais ou com dificuldade de locomoção, mesmo que eventuais (JOURDA, 2013).

Alguns pontos importantes comprovam tal preocupação, tais como: (i) rampa de acesso à garagem com inclinação inferior à exigida pela norma e entrada sem degraus; (ii) residência construída em apenas um nível (+0,20m) de piso contínuo, único e sem desníveis; (iii) todas as portas com vão livre de, no mínimo, 80 cm; (iv) circulações generosas por toda casa, de forma que o layout possa ser modificado facilmente para aliviar as passagens; (v) quarto com banheiro reversíveis de dimensões acessíveis (caso haja alguma necessidade), como mostrado na Figura 51.

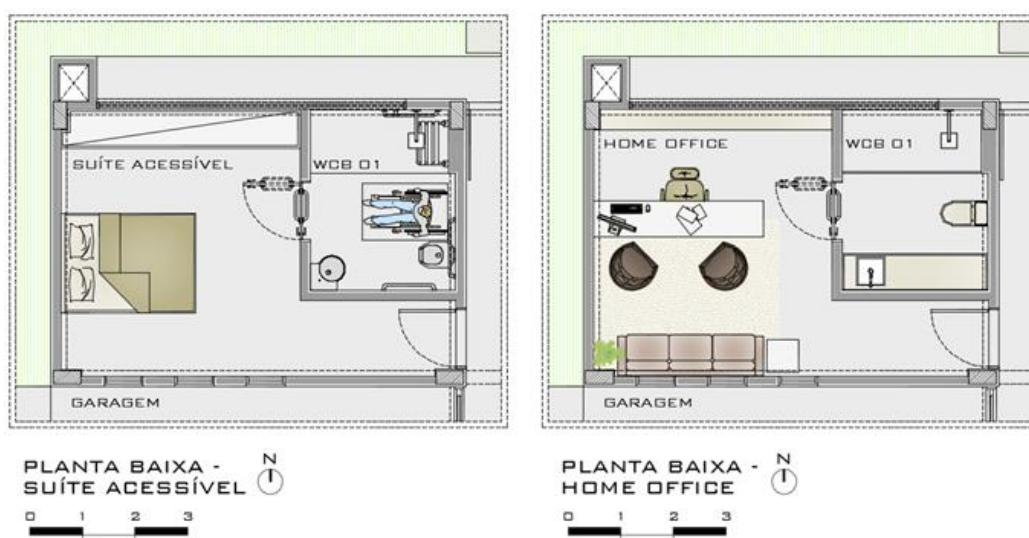


Figura 51. Planta baixa de quarto acessível reversível.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Através de um projeto dito acessível, a acessibilidade contribui com a integridade física e segurança das pessoas com algum tipo de deficiência ou mobilidade reduzida em seus direitos de ir e vir, fazendo com essas possam usufruir dos mesmos ambientes que pessoas sem qualquer tipo de deficiência. Além disso, projetos que têm a acessibilidade em seu escopo tendem a favorecer a redução das desigualdades sociais e segregação social das pessoas com deficiência pela exposição da realidade e como ela pode ser enfrentada e resolvida através de soluções arquitetônicas coerentes e aplicáveis, garantindo assim, uma maior inclusão social da classe.

6.15. ENERGIAS RENOVÁVEIS

6.15.1. AQUECIMENTO SOLAR (SISTEMA DE ACUMULAÇÃO)

Os estudos de equipamentos para aquecimento solar da água datam de 1881, em Baltimore, patenteado por Clarence M. Kemp, denominado de “clímax solar ou Water Heater”, que consistia em uma caixa térmica com quatro compartimentos negros cheios de água e tampados com um vidro, que quando aquecidas, desciam por gravidade para as torneiras das casas (VENÂNCIO, 2010).

O aumento constante das tarifas de energia elétrica associado à escassez de energia faz com que a energia solar venha sendo adotada em grande escala no segmento de aquecedores de água (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

O sistema ideal para essa residência pode ser classificado como “Sistema de Aquecimento Central Privado”, pois atende somente uma unidade habitacional e alimenta vários pontos de consumo localizados em cozinhas, banheiros, áreas de serviço, etc. (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Assim, o sistema escolhido para aquecimento de águas, é o “sistema de aquecimento solar de água a vácuo acoplado”, conforme especificações contidas no Anexo A no final deste trabalho.

Os sistemas de aquecimento com energia solar são essencialmente constituídos por:

- **Coletores solares (placas)** – Têm a função de aquecer a água utilizando a energia térmica do sol. Possui em seu interior uma serpentina, por onde a água percorre, formada por aletas de cobre ou alumínio, isoladas com borracha de silicone e cobertas com vidro liso e transparente (ABCP, 2013c). Em geral, cada metro quadrado de placa aquece 100 litros de água (VENÂNCIO, 2010);

- **Reservatório térmico (boiler)** – Tem a função de armazenar água aquecida e conservá-la para posterior utilização (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Pode ser feito de cobre, inox ou polipropileno e sempre acompanhado de sistema auxiliar de aquecimento elétrico ou a gás (ABCP, 2013c). Internamente, a água quente se mistura com a fria, ficando a primeira sempre na parte superior. Também possui resistência elétrica para aquecimento de água em dias nublados ou chuvosos comandada por um termostato, que a liga e desliga de acordo com a temperatura da água (CARVALHO JÚNIOR, 2015b);

- **Tubulação de água fria** – Para alimentação do sistema de água quente (CARVALHO JÚNIOR, 2015b);

- **Tubulação de distribuição de água quente** – Deve ser específica para água quente, como cobre ou CPVC (ABCP, 2013c);

- **Pecas de utilização** – Chuveiro, ducha, torneiras de pia, lavatório, tanque (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Os aquecedores por acumulação têm as vantagens de proporcionar maior vazão da água nos pontos de utilização, fornecer água quente imediatamente na temperatura desejada (em um ou vários pontos de consumo ao mesmo tempo) além de possibilitar a acumulação da água aquecida para posterior consumo (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

A norma que trata do aquecimento solar de água é a NBR 15569 (ABNT, 2008) – Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto – Projeto e Instalação.

Apesar de ser composto por equipamentos simples e de fácil utilização, o sucesso da

eficiência de um sistema convencional de aquecimento solar depende de uma correta instalação, localização e disposição dos equipamentos (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Algumas recomendações fundamentais, e que foram adotadas no anteprojeto da residência em pauta, foram (CARVALHO JÚNIOR, 2015b):

- O desnível entre o topo da caixa d'água e o fundo do reservatório térmico não ultrapassou a pressão máxima admissível do equipamento escolhido;
- A distância horizontal entre o reservatório térmico e os coletores solares foi menor que 6m;
- Os coletores solares (placas) ficaram inclinados e orientados para o Norte, de forma a aproveitar a maior incidência solar possível durante a maior parte do tempo, já que em regiões tropicais a maior disponibilidade dos raios do sol torna a orientação solar dos coletores menos importante, dando bons resultados mesmo quando instalados em uma cobertura plana (ROAF; FUENTES; THOMAS-REES, 2014).

O funcionamento do sistema obedeceu ao seguinte percurso (ABCP, 2013c):

1. Abastecimento do reservatório térmico (boiler) pela caixa d'água, a partir do tubo alimentador;
2. Há um circuito fechado entre o boiler e os coletores, mantendo a circulação de água quente por circulação natural (termossifão);
3. A água aquecida é armazenada pelo boiler e será distribuída para os ramais de consumo;
4. A alta temperatura da água proveniente do boiler é que percorrerá toda a casa, exigindo tubulação de materiais específicos e resistentes ao calor, como cobre ou CPVC.

Algumas outras vantagens no uso de aquecimento solar são (ISAH, 2012):

- É uma fonte de energia limpa (não afeta o meio ambiente), gratuita, inesgotável e ao mesmo tempo econômica (gerando economia na conta de luz);
- Seu uso é vantajoso, principalmente no Brasil, pois a incidência de raios solares no território acontece durante todo o ano;
- Baixo custo de manutenção;
- Durável, com vida útil de, aproximadamente, 20 anos.

Apesar de obedecerem aos mesmos critérios da rede de água fria, o sistema de distribuição de água quente é feito por tubulações completamente independentes com tubos e conexões de CPVC por dispensarem o isolamento térmico, mesmo quando embutido nas paredes, fazendo com que a água quente chegue mais rápido ao ponto considerado, em função da pequena perda de calor ao longo da tubulação. (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

6.15.2. GERAÇÃO DE ENERGIA (SISTEMA FOTOVOLTAICO)

A energia solar está cada vez mais frequente nas edificações, sendo explorada com o uso de painéis fotovoltaicos. Isso tem se dado, principalmente, por meio da redução do custo da tecnologia (baixou seu custo inicialmente 12% e hoje baixa 4% ao ano) e pelo aumento da confiabilidade no sistema (EDWARDS, 2013).

Os painéis solares são o principal componente do sistema fotovoltaico, que tem a função de gerar energia elétrica grátis através do sol, por meio de um conjunto de células fotovoltaicas que, quando atingidas pelos raios solares, faz com que os elétrons se movimentem gerando uma corrente elétrica, ocasionando assim, o chamado “efeito fotovoltaico”. Existem vários modelos de painéis solares, sendo os mais comuns compostos por 36 células solares capazes de produzir cerca de 17 V em corrente contínua com potência de até 140 W, pesando aproximadamente 10 kg e 1 m² (NEOSOLAR).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos, basicamente, em duas categorias (NEOSOLAR):

- **Sistemas Isolados (off-grid)** - Os sistemas isolados são aqueles que não se integram a rede elétrica e geralmente são utilizados em locais remotos ou onde o custo de acesso a rede é maior que o custo do próprio sistema. Normalmente estes sistemas utilizam bateria para armazenar a energia;
- **Sistemas Conectados à Rede (grid-tie)** - servem como qualquer outra forma de geração de energia que utilizamos a partir da rede elétrica e são utilizados como substitutos destas outras fontes de energia. Neste caso não há necessidade de armazenamento.

Já em relação aos painéis fotovoltaicos, existem basicamente três tipos (NEOSOLAR):

- **Painéis Solares Monocristalinos** – São mais eficientes e feitos de células

monocristalinas de silício. O silício utilizado deve ter elevada pureza, o que envolve um processo complexo para fabricar os cristais únicos de cada célula;

- **Painéis Solares Policristalinos** – São um pouco menos eficientes que os monocristalinos. Nestes painéis as células são formadas por diversos e não somente um cristal, dando uma aparência de vidro quebrado à célula;
- **Painéis de Filme Fino** – O material fotovoltaico é depositado diretamente sobre uma superfície, como metal ou vidro para formar o painel. São muito mais baratos e também muito menos eficientes. A área disponível pode ser uma restrição, pois a baixa eficiência deve ser compensada por uma área maior.

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes básicos, como pode ser visto no esquema da Figura 52 (NEOSOLAR):

- **Painéis solares** – Fazem o papel de coração, “bombeando” a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.
- **Controladores de carga** – Funcionam como válvulas para o sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.
- **Inversores** – Cérebro do sistema, são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- **Baterias** – Trabalham como pulmões. Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol.

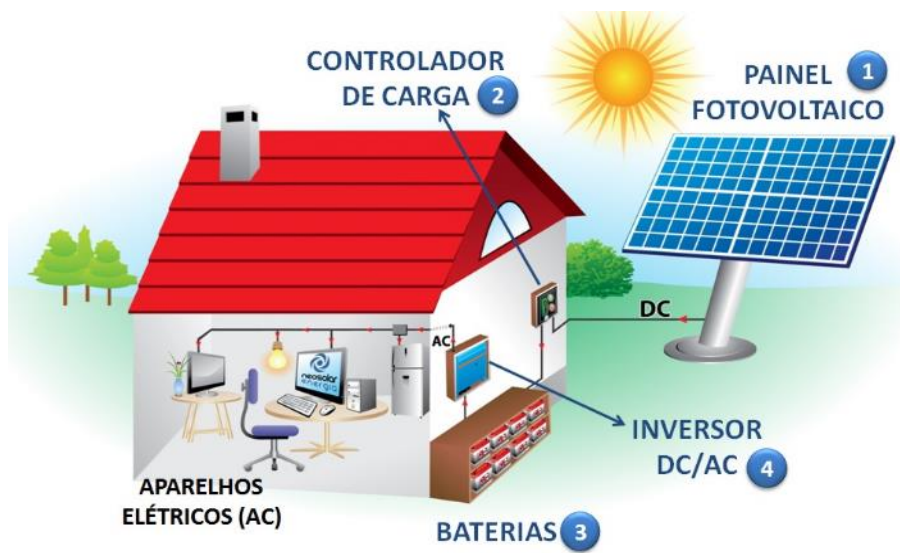


Figura 52. Componentes de um sistema fotovoltaico.

Fonte: NEOSOLAR.

Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, sistemas conectados à rede funcionam somente com painéis e inversores, já que não precisam armazenar energia (NEOSOLAR), conforme mostra a Figura 53.

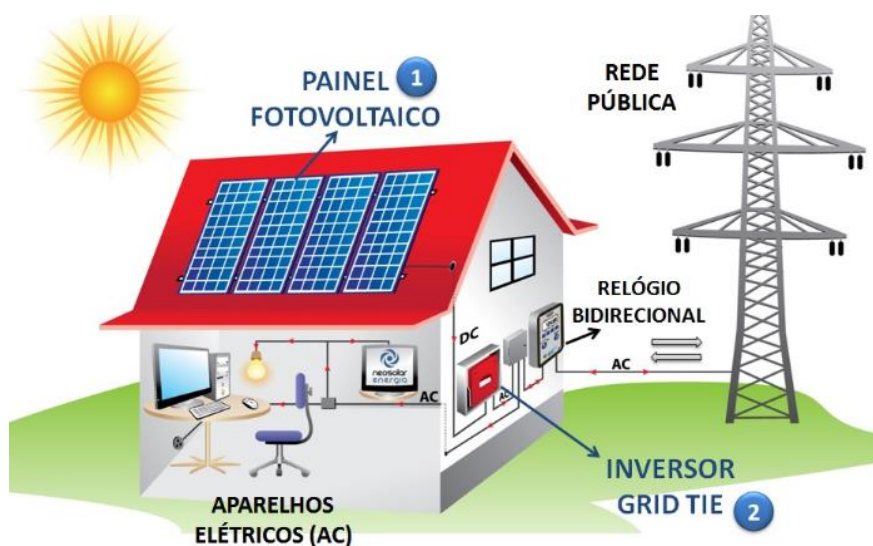


Figura 53. Esquema de funcionamento de um sistema conectado à rede.

Fonte: NEOSOLAR.

As principais vantagens para o uso de energia fotovoltaica como fonte de energia doméstica são (ROAF; FUENTES; THOMAS-REES, 2014):

- Os sistemas fotovoltaicos são fontes de energia limpa e renovável. Não emitem CO_2 , NO_x ou SO_2 durante sua operação;

- A produção dos painéis fotovoltaicos de silício não é tóxica;
- O retorno financeiro da energia (o tempo que o sistema fotovoltaico leva para produzir a quantidade de energia que justifique sua fabricação) é de 2 a 5 anos, ao passo que a vida útil de um painel pode ser superior a 20 anos;
- A energia é gerada *in loco*; assim, há poucas perdas com transmissão, diferente dos fornecimentos de energia gerados à distância e que dependem de longas linhas de transmissão;
- Os sistemas fotovoltaicos são confiáveis. Simplesmente é instalado na cobertura e eles funcionam. Hoje, a garantia média dos painéis é de 20 anos;
- São silenciosos;
- Requerem pouca manutenção. Uma vez instalados os painéis, eles simplesmente precisam ter suas superfícies limpas, especialmente em ambientes com muito pó;
- Podem fornecer energia a distantes lugares das redes públicas de energia elétrica;
- Os sistemas fotovoltaicos são transportáveis e podem ser trocados de edificações.

Dessa forma, o sistema escolhido para residência em estudo é Sistema Conectado à Rede (Grid-Tie), que pode ser dimensionado a partir dos seguintes passos:

1. Simulação do consumo mensal da residência em kWh através de todos os aparelhos eletrônicos, lâmpadas e/ou qualquer outro objeto que possa consumir energia elétrica.

Essa etapa foi feita por meio de um simulador gratuito disponibilizado no site da concessionária de energia da cidade de João Pessoa (ENERGISA, 2017). Por meio desta, os aparelhos básicos utilizados na residência foram atrelados às horas de consumação média e potência dos equipamentos, que gerou o valor de 292,64 kWh consumidos por mês (essa tabela pode ser consultada no Anexo B no final deste trabalho).

2. Com o consumo médio da residência já se pode saber a quantidade de painéis fotovoltaicos que serão necessários para suprir a demanda energética da residência.

Para isso, consultou-se três empresas especializadas no assunto: uma localizada na cidade de João Pessoa (EcoSolar Energias Renováveis) e outras duas online (NeoSolar: Energia Solar Fotovoltaica e a Solar). Na primeira delas, foi recomendada a instalação de 08 (oito) painéis fotovoltaicos de 250W que computa uma área de aproximadamente 13 m² em painéis onde cada um tem uma área de aproximadamente 1.62m². Já a empresa NeoSolar indicou a instalação de 09 (nove) painéis fotovoltaicos com produção anual de 3.309 kWh e área de cobertura necessária de 16,76 m². Por fim, a última empresa recomendou a instalação de 08 (oito) placas fotovoltaicas de 260W para uma produção de energia de aproximadamente 3.504 kWh/ano e área de cobertura necessária de 17,43 m² ocupados pelo sistema. Mais informações sobre os painéis e seus componentes podem ser encontradas no Anexo C no final deste trabalho.

3. Verificar se a residência tem área livre de telhado para a instalação dos painéis, bem como se a estrutura da cobertura aguentará receber o peso dos mesmos.

Considerando-se as situações mais em comum acima, ou seja, para 08 (oito) painéis fotovoltaicos que ocuparão uma área de 15,21 m² (área da cobertura reservado a isso), verificou-se que a residência em estudo terá área suficiente para receber tal instalação, conforme mostrado na Figura 54 (a figura ampliada pode ser encontrada na Prancha 01 no final deste trabalho).

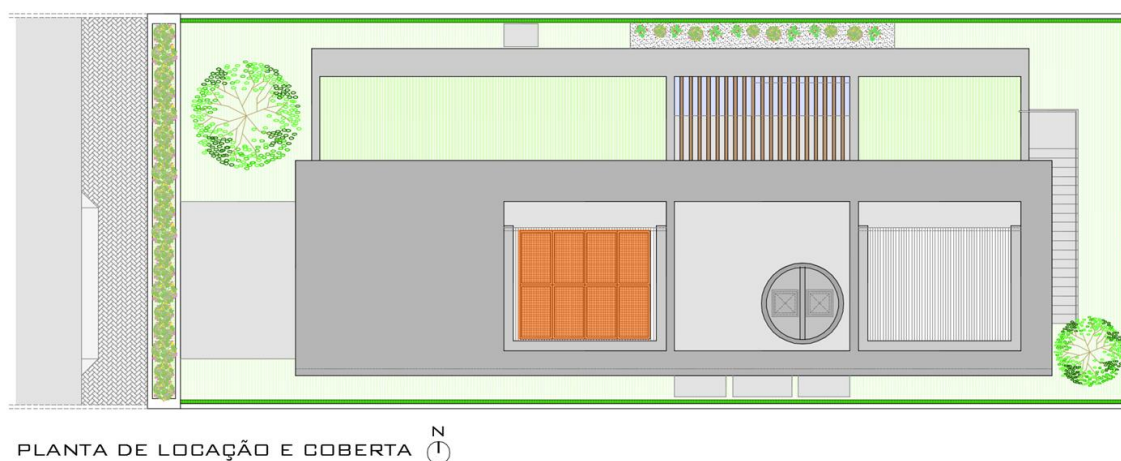


Figura 54. Planta de cobertura com localização dos oito painéis fotovoltaicos (em laranja).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Um estudo de insolação feito pelo software SketchUp – ferramenta de estudos volumétricos e de modelagem arquitetônica de vasta popularização (OLIVEIRA, 2015) – permitiu locar os painéis fotovoltaicos de forma a serem preservados, em qualquer hora do dia, de um eventual sombreamento sobre os mesmos, evitando, conseqüentemente, que o rendimento do sistema caia. Na cobertura, observa-se que o único elemento que possa gerar sombra sobre os painéis é a caixa d'água. Assim, levando-se em consideração que no período da tarde a insolação é mais intensa, o lado voltado para a fachada oeste foi o escolhido para locação desses painéis e o estudo foi feito com base no horário de 9h da manhã sempre no primeiro dia de cada mês, nos 12 meses do ano.

Com objetivo de maximizar a geração de energia fotovoltaica ao longo do ano inteiro, os painéis foram inclinados com angulação igual à latitude do terreno, ou seja, 7°, conforme orientações de Roaf, Fuentes e Thomas-Rees (2014). Assim, observa-se na Figura 55 que esses painéis recebem sol a grande maioria do ano e em, praticamente, todos os horários que houver sol.

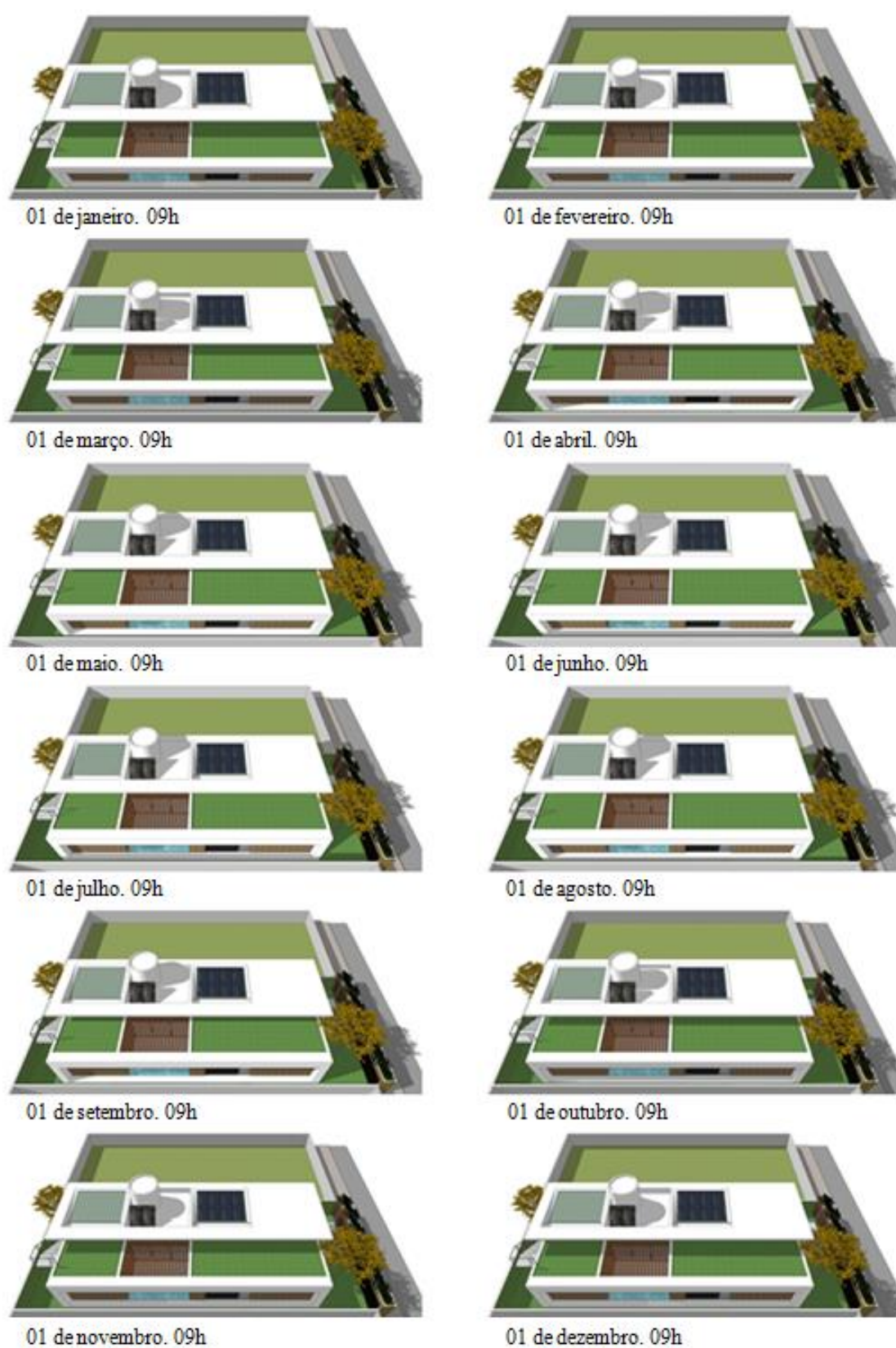


Figura 55. Estudo de insolação feito por meio do software SketchUp para locação dos painéis fotovoltaicos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

6.16. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

Nesta pesquisa foram utilizadas, por meio de simulações geradas pelo software SimaPro, a Análise de Ciclo de Vida (ACV) dos materiais empregados em algumas etapas de execução da edificação. A ACV é utilizada para avaliar o desempenho ambiental das edificações ao longo e toda sua vida útil, medindo os custos ecológicos de recursos (como a energia) ou da fabricação de produtos (como tijolos), que, posteriormente, são avaliados e contrastados com base em critérios ambientais (EDWARDS, 2013).

Destacou-se a comparação do grau de impacto ambiental gerado por 1,00 m³ de dois tipos de concreto utilizados na confecção da fundação da residência, sendo um à base de cimento Portland composto CP-II e outro à base de concreto geopolimérico. O objetivo principal foi avaliar a busca de materiais alternativos que possam diminuir o uso de cimento Portland na construção civil. A fundação de Concreto a base de Cimento Portland obteve um impacto ambiental na ordem de 405,26 kg CO₂-eq/m³, enquanto que o Concreto Geopolimérico obteve uma redução de aproximadamente 16,6%, quando comparadas em termos de emissões poluentes, totalizando 337,79 kg CO₂-eq/m³. Desta forma, é evidente a viabilidade que o concreto geopolimérico apresenta em termos ambientais relacionadas às emissões de CO₂-eq, além de seu alto desempenho mecânico e durabilidade já comprovado em vários estudos.

O artigo elaborado à respeito desse tema se encontra no Anexo D, ao final desse trabalho.

Os seguintes documentos dentro da norma ISO 14000 se relacionam especificamente com a análise do ciclo de vida:

- ISO 14040 – Princípios e Estrutura (1997);
- ISO 14041 – Análise do Inventário do Ciclo de Vida (1998);
- ISO 14042 – Análise do Impacto do Ciclo de Vida (2000);
- ISO 14043 – Interpretação do Ciclo de Vida (2000).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento da pesquisa foi possível observar uma crescente conscientização ambiental com uma sociedade mais crítica em relação à redução dos impactos ambientais negativos gerados pelas construções e pela exigência de melhores desempenhos ambientais sem custos adicionais.

A relação direta da direção do vento predominante com a posição do sol permitiu orientar a forma da edificação, o local de seus ambientes internos, bem como o dimensionamento das aberturas, tirando proveito do resfriamento e ventilação gratuitos, com consequente economia de energia elétrica e melhoria da qualidade do ambiente interno relacionado à saúde de seus ocupantes.

O consumo eficiente de recursos, principalmente os energéticos e de materiais empregados (acoplados à racionalidade construtiva), coincidiram com as justificativas relacionadas ao dimensionamento espacial da residência e aos parâmetros sociais necessários para a boa elaboração de um projeto arquitetônico sustentável. Além disso, foi possível evitar altos custos do investimento inicial de um imóvel priorizando-se, desde o início do anteprojeto até a entrega da obra, critérios passivos relacionados às energias renováveis.

Apesar de o tema ser relativamente recente e os investimentos iniciais ainda altos, as energias renováveis desempenharam papel fundamental nesse estudo, quando se constatou seu menor impacto ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás), reduzindo assim a dependência da sociedade do uso desses combustíveis fósseis com, consequente, redução das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, gerando um ar mais limpo e puro para o meio ambiente além da contribuição para evitar o aquecimento global. Como exemplos desse tipo de uso na residência em estudo, podem-se citar o uso de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica, coletores solares para aquecimento de água e coleta de águas pluviais, todos operados com eficiência garantida pela obediência as regras de instalação e manutenção requeridos. O custo-benefício dos sistemas também foram justificados e mostraram-se benéficos quando comparados o valor do investimento com o tempo de vida útil do sistema e economias feitas mensalmente.

Como observado, cada decisão projetual implica em inúmeras consequências de formas integradas, fazendo com que o projeto sustentável de qualidade exija o entendimento das inter-relações dos materiais, soluções passivas, sistemas estruturais,

projetos complementares, dentre outros, a fim de o mesmo seja encarado de forma holística e nunca de forma exclusiva em uma única parte.

Além disso, a escassez dos recursos naturais aliados aos impactos ambientais cada vez mais agravantes nas últimas décadas, fez com que a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) tivesse papel primordial na escolha de materiais de construção para este anteprojeto. Por meio dela, foi possível calcular a pegada de carbono associadas a duas alternativas para a fundação desta residência, confirmando-se a viabilidade que o concreto geopolimérico apresenta em termos ambientais relacionadas às emissões de CO₂-eq. Com esse tipo de concreto, obteve-se uma redução de 16,6% emissões de CO₂ quando comparado ao concreto à base de cimento Portland composto CP-II, elegendo-se como uma das importantes alternativas de amenizar os impactos ambientais naturais. Esse valor representa a redução para apenas uma construção, o que quer dizer que, expandindo-se a ideia para uma escala maior, a utilização desse material alternativo repercutirá em uma ajuda significativa para o planeta.

8. REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**: volume 5. São Paulo: Blucher, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15112**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil: Área de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004d.

_____. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2004e.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004f.

_____. **NBR 14136**: Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada – Padronização. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 7198:** Projeto e execução de instalações de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

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

_____. **NBR 5413:** Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 9575:** Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Mãos à Obra Pro:** o guia do profissional da construção. São Paulo: Alaúde Editorial, v. 1, 2013a.

_____. **Mãos à Obra Pro:** o guia do profissional da construção. São Paulo: Alaúde Editorial, v. 2, 2013b.

_____. **Mãos à Obra Pro:** o guia do profissional da construção. São Paulo: Alaúde Editorial, v. 3, 2013c.

_____. **Mãos à Obra Pro:** o guia do profissional da construção. São Paulo: Alaúde Editorial, v. 4, 2013d.

AVEZUM, André Luís. **Arquitetura ecológica e tecnologia no século XX:** Base para o projeto arquitetônico sustentável. São Paulo, 2007. 170 f. Dissertação (Mestrado – Área de concentração: Projeto de Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16138/tde-18052010-140610/en.php>>
 Acesso em janeiro de 2016.

BATISTA, Adão Marques. Abordagens de aplicações das tecnologias construtivas para edificações residenciais no Brasil. In: KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas em construção residencial**. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 219-220.

BORGES, Alberto de Campos. **Prática das pequenas construções, volume 1**. 9. ed. rev. e ampl. por José Simão Neto, Walter Costa Filho. São Paulo: Blucher, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015**. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf>. Acesso em outubro de 2016.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Construção Sustentável**. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em janeiro de 2016.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our Common Future**. Noruega, 1987. Disponível em: <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>. Acesso em janeiro de 2016.

BRÜSEKE, Franz Josef. **O Problema do Desenvolvimento Sustentável**. Recife: Instituto de Pesquisas Sociais, 1994. Disponível em: <<http://biblioteca.clacso.edu.ar/Brasil/dipes-fundaj/uploads/20121129023744/cavalcanti1.pdf#page=15>> . Acesso em janeiro de 2016.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015a.

_____. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015b.

CASTELNOU, Antonio Manuel Nunes. Por uma arquitetura ecológica. **Revista Terra e Cultura**, Londrina, PR, ano 18, n. 35, p. 18-24, jul. a dez. 2002. Disponível em: <http://web.unifil.br/docs/revista_eletronica/terra_cultura/35/Terra%20e%20Cultura_35.pdf> . Acesso em janeiro de 2016.

CAVALCANTE, I. Estudo de caso do hospital Sarah Kubistchek de Brasília – DF. **Cinco anos de arquitetura**, 2013. Disponível em: < <http://cincoanosdearquitetura.blogspot.com.br/2013/11/hospital-sarah-kubitschek-brasilia-df.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

CINCERA. Sistema de vedação racionalizado. **Cincera, construindo sonhos**. Disponível em: < <http://www.cincera.com.br/vedacao.html>>. Acesso em outubro de 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Construção Verde: Desenvolvimento com Sustentabilidade**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília, 2012.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2011.

_____; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORREA, Celina Britto. Arquitetura bioclimática. Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural. **Drops**, São Paulo, ano 02, n. 004.07, Vitruvius, abr. 2002. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/02.004/1590>>. Acesso em fevereiro de 2016.

CUNHA, Eduardo Grala da. **Elementos de arquitetura de climatização natural**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006.

CYMBALUK, Fernando. Família brasileira encolhe e cada vez mais gente mora sozinha, aponta IBGE. **Uol Notícias**, São Paulo, set. 2012. Disponível em: < <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/09/21/familia-brasileira-encolhe-e-cada-vez-mais-gente-mora-sozinha.htm>>. Acesso em junho de 2015.

DAY, Christopher. Projetando para o corpo e a alma. In: ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REES, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 4. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

DELAQUA, V. Casa Lee / StudioMK27 – Marcio Kogan + Eduardo Glycerio. **ArchDaily**, 2013. Disponível em: < <http://www.archdaily.com.br/br/01-138313/casa-lee-slash-studio-mk27-marcio-kogan-plus-eduardo-glycerio>>. Acesso em janeiro de 2017.

ECOTELHADO. Plantas para ecotelhado. **Ecotelhado**: mais que ideias, soluções verdes, 2016. Disponível em: < <https://ecotelhado.com/produtos/plantas-para-telhado-verde/>>. Acesso em outubro de 2016.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

ENERGISA. Simulador de consumo. **Energisa**, 2017. Disponível em: < <http://www.energisa.com.br/Paginas/simulador-de-consumo.aspx>>. Acesso em janeiro de 2017.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. **Habitação autossuficiente**: interligação e integração de sistemas alternativos. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FLORIM, Leila Chagas; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. Contribuição Para a Construção Sustentável: Características de um Projeto Habitacional Eco-Eficiente. **Engevista**, v. 6, n. 3, p. 121-120, dezembro 2004. Disponível em: < http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista11.pdf>. Acesso em janeiro de 2016.

FRACALOSSI, I. Clássicos da Arquitetura: Hospital Sarah Kubischek Salvador / João Filgueiras Lima (Lelé). **ArchDaily**, 2012. Disponível em: < <http://www.archdaily.com.br/br/01-36653/classicos-da-arquitetura-hospital-sarah-kubitschek-salvador-joao-filgueiras-lima-lele>>. Acesso em janeiro de 2017.

FRANCO, José Tomás. Peru constrói protótipo de habitação sustentável baseado na coleta de águas pluviais. **ArchDaily**, 2015. Disponível em: < <http://www.archdaily.com.br/br/773297/peru-ong-constroi-prototipo-de-habitacao-sustentavel-baseado-na-coleta-de-aguas-pluviais>>. Acesso em janeiro de 2017.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. 3. ed. rev. e ampl., 2 reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

GUIMARÃES, J. C. Imagens da Rio+20 (preparativos e início da conferência). **UOL – O melhor conteúdo**, 2012. Disponível em: < <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/album/2012/06/07/rio20-preparativos-protestos-e-a-conferencia.htm#fotoNav=20>>. Acesso em janeiro de 2017.

HEYWOOD, Huw. **101 regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético**. São Paulo: Gustavo Gili, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Família brasileira fica menor e tem cara nova**. 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/0404sintese.shtm>>. Acesso em junho de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO (IBI). **Impermeabilização em coberturas verdes**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibibrasil.org.br/images/publicacoes/Informe%20-%20Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o%20em%20coberturas%20verdes.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2016.

ISAH. Aquecedor solar: vantagens e desvantagens. **Mundo das tribos**, 2012. Disponível em: <<http://www.mundodastribos.com/aquecedor-solar-vantagens-e-desvantagens.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal. Secretaria de Planejamento. Diretoria de Geoprocessamento. **Mapa de zoneamento**. João Pessoa, 2012a. Disponível em: <<http://geo.joaopessoa.pb.gov.br/digeoc/htmls/mapas.html>>. Acesso em maio de 2016.

_____. Prefeitura Municipal. Secretaria de Planejamento. Diretoria de Geoprocessamento. **Plano Diretor de João Pessoa – Área Urbana – Divisão das Zonas – Anexo I – Mapa 1**. João Pessoa, 2012b. Disponível em: <<http://geo.joaopessoa.pb.gov.br/digeoc/htmls/mapas.html>>. Acesso em maio de 2016.

JOAQUIM, Fabiana Santa. Arquitetura Bioclimática. **Revista Habitare**, São Paulo, ed. 35, 2012. Disponível em: <<http://www.revistahabitare.com.br/ecologia/arquitetura-bioclimatica/39>>. Acesso em fevereiro de 2016.

JONATHASM. Topic – Ice House – Iglu. **The Foundry Community**, 2009. Disponível em: <<http://community.thefoundry.co.uk/discussion/topic.aspx?f=8&t=40285>>. Acesso em janeiro de 2017.

JONES, Ron. Construção verde: um conceito antigo. In: KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas em construção residencial**. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 15.

JOURDA, Françoise-Hélène. **Pequeno manual do projeto sustentável**. 1 ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

KANTOR, L. O que é telha termoacústica (sanduíche)? Tire todas as suas dúvidas. **Hometeka**, 2016. Disponível em: < <https://www.hometeka.com.br/aprenda/o-que-e-telha-termoacustica-sanduiche/>>. Acesso em janeiro de 2017.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde**: princípios e práticas em construção residencial. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR (LES). **Diagrama climático de radiação médias, máximas e mínimas do Estado da Paraíba**. 2006a.

_____. **Diagrama climático da frequência dos ventos do Estado da Paraíba**. 2006b.

LEITE, Antonio Dias. **Eficiência energética e desperdício da energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

MAGALHÃES, Isamar Marchini. Telhados verdes no Brasil. In: KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde**: princípios e práticas em construção residencial. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 262.

NEOSOLAR. Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes. **NeoSolar**. Disponível em: < <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em janeiro de 2017.

OLIVEIRA, Marcos Bandeira de. **SketchUp aplicado ao projeto arquitetônico**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

ORLOW, Nina. Aspectos relevantes dos resíduos na construção civil: deveres e oportunidades. In: KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde**: princípios e práticas em construção residencial. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 13.

PARIZOTTO FILHO, Sergio. Telhado vegetado. In: LAMBERTS, Roberto *et al.* (Eds.). **Casa eficiente**: bioclimatologia e desempenho térmico. Florianópolis: UFSC, v. 1 2010. p. 89 – 122.

PERÉN, J. I. Iluminação e ventilação naturais na arquitetura de Lelé. **Instituto de Arquitetos do Brasil – Departamento Tocantins**, 2014. Disponível em: < <http://iabto.blogspot.com.br/2015/02/iluminacao-e-ventilacao-naturais-na.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

RANGEL, Juliana. Arquitetura ecológica x Arquitetura sustentável. **SustentArqui**, 31 jul. 2015. Disponível em: < <http://sustentarqui.com.br/dicas/arquitetura-ecologica-x-arquitetura-sustentavel/>>. Acesso em janeiro de 2016.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REES, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 4. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ROCHETA, Vera; FARINHA, Fátima. Práticas de Projecto e Construtivas Para a Construção Sustentável. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO, 3., 2007, Coimbra. **Anais eletrônicos...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007. Disponível em: <<http://www.altercexa.eu/test/images/archivos/2-ROCPra.pdf>>. Acesso em janeiro de 2016.

ROMERO, Marcelo de Andrade. Construções sustentáveis no Brasil: o setor residencial. In: KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas em construção residencial**. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 21.

STUDIOMK27. Casa Lee. **Studio MK27**, 2012. Disponível em: < <http://studiomk27.com.br/p/casa-lee/>>. Acesso em janeiro de 2017.

SUSANKA, Sarah. O que é uma casa não tão grande?. In: KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas em construção residencial**. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 13.

VENÂNCIO, Heliomar. **Minha casa sustentável: guia para uma construção responsável**. 2. ed. Vila Velha, ES: Edição do Autor, 2010.

VILJOEN, Andre. O impacto ambiental dos materiais de construção. In: ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REES, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 4. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

WASSOUF, Micheel. **Da casa passiva à norma Passivhaus**. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2016.

YUDELSON, Jerry. **Projeto integrado e construções sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

APÊNDICE A – Instalações elétricas

▪ POTÊNCIA ELÉTRICA TOTAL INSTALADA E CONSUMO DE ENERGIA

As edificações são classificadas de acordo com a carga total instalada e demanda calculada para que a concessionária saiba que tipo de atendimento irá oferecer ao consumidor (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Segundo Carvalho Júnior (2015b), essa carga total pode ser definida como “[...] a soma das potências nominais, em watts, de todos os aparelhos, equipamentos e lâmpadas utilizadas na edificação. A potência pode ser em watts ou kW.”.

O gasto de energia elétrica de uma residência depende diretamente da potência dos equipamentos instalados e do tempo de uso de cada um deles (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Dessa forma, o primeiro passo para dimensionar a instalação é listar todos os equipamentos elétricos que serão utilizados na casa (televisor, computador, geladeira, freezer, etc.). Também merece atenção as tomadas específicas para equipamentos de alta potência, como máquina de lavar, chuveiro e torneiras elétricas. Para completar, as tomadas de uso geral e pontos de luz também devem ser locados e sua potência total calculada (ABCP, 2013c).

Os principais equipamentos que mais consomem energia elétrica em uma residência são aqueles que lidam diretamente com a variação térmica, produzindo refrigeração ou aquecimento, tais como ar-condicionado, ferro elétrico de passar (consome de 10 kWh a 15 kWh mensalmente, equivalente de 5% a 7% do consumo total de uma residência), secadora de roupa, chuveiro elétrico (responsável por cerca de 25% a 35% do consumo em uma casa), torneira elétrica, etc. (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Algumas convenções são frequentemente feitas pelos projetistas e estabelecidos valores-padrão, como por exemplo, o valor de 100 W “[...] para tomadas em salas, escritórios e quartos, onde predominam as luminárias, os televisores e os DVDs (todos em potência relativamente baixa).” (CARVALHO JÚNIOR, 2015b). Já para os banheiros, áreas de serviço e cozinha, o valor adotado é de 600 W para cada, com exceção da tomada do forno micro-ondas que deverá ser 1.300 W (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Segundo Carvalho Júnior (2015b), alguns estudos já apontaram que é possível reduzir praticamente pela metade o consumo de energia elétrica realizando-se uma previsão ainda na definição do projeto, sem necessariamente, afetar o conforto e benefícios proporcionados pela eletricidade.

▪ LOCALIZAÇÃO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

De acordo com Carvalho Júnior (2015b), o quadro de distribuição (também conhecido como “quadro de luz”) deve ser locado em locais de fácil acesso, tais como corredores, circulações, vestíbulos etc, o mais próximo possível do centro de gravidade da carga que irá atender e com distância máxima até a última tomada de 35 metros.

▪ POTÊNCIA POR CIRCUITO

Para se evitar o superaquecimento dos cabos, variação na tensão e desarme constante dos disjuntores, após se estabelecer o número e a potência dos circuitos, estes devem obedecer o limite de 2.500 W de potência para tensão de 220 V (bitola mínima do fio do circuito de 2,5mm²). Isso evitará a frequente queima de fusíveis ou desarme de disjuntores, que se deve principalmente ao subdimensionamento da fiação, e, conseqüentemente, de seu dispositivo de proteção (disjuntor), que acabará desarmando para proteger as instalações elétricas (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

▪ DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS

Eletrodutos são condutos (aparentes ou embutidos; rígidos, semirrígidos ou flexíveis metálicos) que abrigam os condutores elétricos além de fazerem as ligações entre todos os pontos de eletricidade e os quadros de luz. Sua função é de proteger os condutores contra ações mecânicas, corrosão e evitar incêndios devido ao superaquecimento dos condutores. O diâmetro nominal mínimo admitido nas instalações é de 16 mm (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

▪ QUANTIDADE MÍNIMA DE TOMADAS

O cálculo da quantidade de tomadas de uso geral (TUG) e tomadas de uso específicas (TUE) é feita com base no estudo do projeto arquitetônico (principalmente pela planta baixa de layout) para então o engenheiro eletricista poder calcular e locar no projeto de instalações elétricas um número suficiente de tomadas para atender as necessidades do local (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

a) TOMADAS DE USO GERAL (TUG)

Para instalações residenciais, a quantidade de tomadas de uso geral é estabelecida pelo cômodo em estudo, precisando-se saber: ou o valor da área; ou o valor do perímetro;

ou o valor da área e do perímetro (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Segundo as recomendações da NBR 5410 (ABNT, 2004f), os seguintes critérios devem ser seguidos para o número de tomadas de uso geral:

- Cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m²: no mínimo, um ponto de tomada;
- Salas e dormitórios, independentemente da área, e cômodos ou dependências com área superior a 6 m²: no mínimo, um ponto de tomada para 5 m ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível;
- Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: no mínimo, um ponto de tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro, independentemente da área. Acima da bancada da pia devem ser prevista, no mínimo, duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos separados;
- Halls, corredores, subsolos, garagens, mezaninos e varandas: pelo menos, um ponto de tomada;
- Banheiros: no mínimo, um ponto de tomada junto ao lavatório com uma distância mínima de 60 cm do limite do boxe.

É recomendável prever um número maior de pontos de tomadas do que o mínimo calculado, evitando-se o uso de extensões e benjamins (tês), que, além de desperdiçarem energia, podem comprometer a segurança da instalação elétrica (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

Já em relação à potência mínima das tomadas de uso geral, Carvalho Júnior (2015b) recomenda:

- Cozinha, copas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, banheiros e locais semelhantes: atribuir, no mínimo, 600 W por tomada, até três tomadas. Atribui 100 W para as excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente;
- Outros cômodos ou dependências (salas, escritórios, quartos, etc.): atribuir, no mínimo, 100 W para as demais tomadas.

b) TOMADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE)

Ainda de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004f), as tomadas de uso específico devem seguir os seguintes critérios:

- A quantidade é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização que vão estar fixos em uma determinada posição no ambiente;
- Às tomadas de uso específico deve ser atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado;
- Quando não for conhecida a potência nominal do equipamento a ser alimentado, deve-se atribuir à tomada de corrente uma potência igual à potência nominal do equipamento mais potente com possibilidade de ser ligado, ou à potência determinada a partir da corrente nominal da tomada e da tensão do respectivo circuito;
- As tomadas de uso específico devem ser instaladas, no máximo, a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

▪ FASES DO SERVIÇO

Assim como nas instalações hidráulicas, os trabalhos de instalação elétrica não são contínuos durante toda a obra, devendo o eletricista comparecer em certas datas e retirar-se em outras, seguindo as etapas seguintes (BORGES, 2009):

▪ **1ª fase – Tubulação:** Fase descontínua, quando a colocação dos condutos será feito por hora em lajes e em outras para o embutimento na alvenaria. Para construções de um só pavimento, o eletricista é necessário no momento de preparação da cobertura, já que neste ponto a alvenaria estará praticamente pronta;

▪ **2ª fase – Fiação:** Quando o revestimento estiver pronto, poderá dar-se início a passagem dos fios no interior dos condutos, bem como a preparação das ligações no forro;

▪ **3ª fase – Terminação:** Será feita após a pintura para que esta não manche os espelhos das tomadas e interruptores. Serão feitas as terminações finais e colocação de tomadas, interruptores, lustres, finalização do quadro de distribuição, teste dos circuitos e etc.

APÊNDICE B – Instalações luminotécnicas

▪ TIPOS DE LÂMPADAS

As edificações são classificadas de acordo com a carga total instalada e demanda calculada para que a concessionária saiba que tipo de atendimento irá oferecer ao consumidor (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

▪ CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Segundo Carvalho Júnior (2015b), alguns estudos apontam que “[...] a iluminação é responsável por cerca de 20% do consumo total de energia elétrica de uma residência.”.

Para o cálculo luminotécnico, deve-se enfatizar aspectos ligados diretamente às necessidades visuais, conforto visual e o bem estar do ser humano. Para isso, quatro critérios são fundamentais: a quantidade de luz; o equilíbrio da iluminação; o ofuscamento e a reprodução de cor (CARVALHO JÚNIOR, 2015b).

De acordo com Carvalho Júnior (2015b), “Nas instalações residenciais, não devem ser considerados pontos de luz com menos de 100 W no teto e 60 W na parede (arandela). Nos banheiros, é importante a previsão de uma arandela sobre a pia, além do ponto de luz no teto.”.

Dentre vários métodos para o cálculo da iluminação, pode-se seguir o da carga mínima exigida pela norma NBR 5410 (ABNT, 2004f), que além disso, estabelece algumas condições mínimas para previsão de carga de iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos:

- As cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da NBR 5413 (ABNT, 1992) - Iluminação de Interiores;

- Para os aparelhos fixos de iluminação, a descarga, a potência nominal a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares (reatores e ignitores);

- Em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100 W, comandado por interruptor de parede;

- Deve-se prever, pelo menos, um ponto de luz no teto, comandado por interruptor de parede. As arandelas no banheiro devem estar distantes, no mínimo, 60 cm do limite do boxe;

- Para área igual ou inferior a 6 m^2 , atribuir um mínimo de 100 W;
- Para área superior a 6 m^2 , atribuir um mínimo de 100 W para os primeiros 6 m^2 , acrescido de 60 W para cada aumento de 4 m^2 inteiros.

APÊNDICE C – Instalações hidráulicas de água fria

DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA

- **Caixa D'água (reservatório superior)** – Tem por função reservar a água, prevenindo interrupções no abastecimento público. Seu dimensionamento, segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), considera o número de moradores da casa multiplicado pelo consumo médio de litros por dia (150 litros/dia por pessoa). Além disso, a mesma deve ser dimensionada para que ela reserve o suficiente para dois dias, tendo em vista a intermitência do abastecimento da rede pública (ABCP, 2013c). Como limite prático, a altura do reservatório com relação à via pública não deve ser superior a 9 m para que a água da rede pública tenha pressão suficiente para abastecê-lo (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

Assim, para o cálculo de volume, tem-se:

$$\text{Nº Moradores (03 pessoas)} \times \text{Litros/Dia (150 l/dia)} \times \text{Nº Dias (2 dias)} = 900 \text{ litros}$$

A caixa d'água da residência está locada na laje mais alta, em local intermediário entre as áreas molhadas (para se evitar caminhos com muita mudança de direção e consequente perda de pressão nos pontos direcionados), 15cm acima da laje, com altura de barrilete de 1,30m e totalmente apoiada para distribuição uniforme da carga. A mesma é moldada *in loco* e de concreto, sendo executada obedecendo as normas NBR 6118 (ABNT, 2014) – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento e NBR 9575 (ABNT, 2010) – Impermeabilização – Seleção e Projeto.

- **Rede de distribuição, saídas e equipamentos** – A rede de distribuição de água fria é constituída pelo conjunto de canalizações que interligam os pontos de consumo ao reservatório da edificação (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

É aconselhável fazer uma divisão dos pontos de consumo de forma que os banheiros sejam alimentados por uma canalização e a cozinha e área de serviço por outra, de forma a economizar nas tubulações e diminuir o diâmetro dos tubos, com consequente diminuição de custos monetários (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

As tubulações escolhidas para a residência são com tubos de plástico de cloreto de polivinila (PVC), devido a suas principais vantagens, tais como: (i) imunidade à

corrosão; (ii) leveza e facilidade de transporte, manuseio e instalação; (iii) boa durabilidade; (iv) baixo custo; (v) menor perda de carga. (CARVALHO JÚNIOR, 2015a)

A NBR 5626 (ABNT, 1998) também estabelece padrões para o dimensionamento das canalizações de água fria. As principais informações que o projetista precisa saber para o dimensionamento do sistema são: (i) o número de peças de utilização que esta tubulação irá atender; (ii) a quantidade de água (vazão) que cada peça necessita para funcionar perfeitamente (CARVALHO JÚNIOR, 2015a). Assim, o diâmetro das tubulações utilizadas é dado pelo somatório do peso relativo de cada peça e, em seguida, estabelecida pela relação com o ábaco.

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto (L/s)	Peso Relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,70	32
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem geral	Torneira	0,20	0,4

Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Fonte: Adaptado da NBR 5626 (1998).

Soma dos pesos	0	↔	1,1	↔	3,5	↔	18	↔	44	↔	100
Ø Soldável (mm)		20mm		25mm		32mm		40mm		50mm	
Ø Rosqueável (pol.)		1/2"		3/4"		1"		1.1/4"		1.1/2"	

Ábaco simplificado (somatório de 0 a 100).

Fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2015a.

Para uma casa unifamiliar, podem ser adotadas as seguintes bitolas e alturas dos aparelhos em relação ao piso (ABCP, 2013c):

Peças e equipamentos	Dimensionamento Ø	Altura do aparelho
Bacia sanitária com caixa de descarga	1/2" (20mm)	0,15 ou 0,30 m
Lavatório	1/2" (20mm)	0,50 ou 0,55 m
Bidê	1/2" (20mm)	0,15 ou 0,20 m
Chuveiro	1/2" (20mm)	2,10 ou 2,30 m
Pia de cozinha	1/2" (20mm)	1,10 ou 1,20 m
Tanque	1/2" (20mm)	1,10 ou 1,20 m
Filtro	1/2" (20mm)	1,30 ou 1,80 m
Torneira de jardim	1/2" (20mm)	0,35 ou 0,90 m

Dimensionamento de peças e equipamentos hidráulicos.

Fonte: Adaptado de ABCP, 2013c.

APÊNDICE D – Instalações hidráulicas de água quente

▪ DIMENSIONAMENTO DE AQUECEDOR SOLAR POR ACUMULAÇÃO

O dimensionamento do número de coletores e volume do boiler está diretamente relacionado ao número de usuários, quantidade de pontos de água quente, frequência de utilização e temperatura desejada (ABCP, 2013c).

Para o cálculo do volume do boiler, em regra geral, adota-se o consumo de 50 litros/dia por pessoa. A pia da cozinha e as banheiras deverão ser consideradas à parte (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

a) CAPACIDADE DO BOILER

1. Calcula-se o número de usuários do sistema

3 usuários.

2. Verifica-se o consumo médio de água quente por pessoa, considerando o uso de aquecedor solar

50 litros/dia por pessoa.

3. Calcula-se o volume em litros de água quente que será consumido pelos moradores

$V = 50 \text{ litros/dia} \times 3 \text{ pessoas} = 150 \text{ litros}$

4. Considera-se o consumo da torneira da pia de cozinha

$V = 50 \text{ litros}$

5. Calcula-se então o consumo total de água quente por dia

$V \text{ total} = 150 \text{ litros} + 50 \text{ litros} = 200 \text{ litros}$

Adota-se um boiler de 200 litros

b) ÁREA COLETORA

Usualmente, adota-se a relação de 1m² de área coletora para cada 50/65 litros de água a ser aquecida, devendo-se sempre avaliar a eficiência da absorção solar da placa coletora de acordo com informações do fabricante (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

Assim, serão adotados coletores com área de 1m², ou seja, a relação de 1m² de área coberta para cada 50 litros de água a ser aquecida.

$$\text{Número de coletores} = \text{volume do boiler} / \text{volume diário por coletor}$$

$$\text{Número de coletores} = 200 / 50$$

Adotam-se 4 coletores

c) DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ÁGUA QUENTE

Os princípios empregados para o dimensionamento das tubulações de água quente são os mesmos adotados para água fria, por meio dos pesos relativos, em que determinam-se a soma dos pesos das peças utilizadas para cada trecho da instalação e, em seguida, verifica-se o diâmetro de tubo correspondente ao valor encontrado nessa soma (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto (L/s)	Peso Relativo
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
Pia	Torneira elétrica	0,10	0,1

Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Fonte: Adaptado da NBR 5626 (1998).

Soma dos pesos	0	↔	1,1	↔	3,5	↔	18	↔	44	↔	100
Ø Soldável (mm)		20mm		25mm		32mm		40mm		50mm	
Ø Rosqueável (pol.)		1/2"		3/4"		1"		1.1/4"		1.1/2"	

Ábaco simplificado (somatório de 0 a 100).

Fonte: CARVALHO JÚNIOR, 2015a.

APÊNDICE E – Águas pluviais

▪ DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PARA ÁGUAS PLUVIAIS

As águas coletadas pelas coberturas das edificações possuem instalações exclusivas para seu recolhimento e condução, não sendo permitidas quaisquer interligações com outras instalações prediais e, portanto, nem lançadas em rede de esgoto (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) – Instalações Prediais de Águas Pluviais, as instalações de drenagem devem, dentre outras recomendações, (i) recolher e conduzir a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais; (ii) ser estanques; (iii) permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação.

Os principais elementos que fazem parte do sistema de captação e escoamento das águas pluviais são as calhas e os condutores. Eles devem “suportar a vazão de projeto, calculada a partir da intensidade de chuva adotada para a localidade e para um certo período de retorno.” (CARVALHO JÚNIOR, 2015a).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) fornece as intensidades pluviométricas para várias regiões do Brasil juntamente com seu período de retorno (1 ano para obras externas onde empoçamentos possam ser tolerados; 5 anos para coberturas e/ou terraços; 25 anos para coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamento não possam ser tolerados) para que se possa ser calculada a vazão coletada pelas calhas.

$$Q = I \times A / 60$$

Onde: **Q** = vazão em litros/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h (140mm/h para 5 anos);

A = área de contribuição, em m².

O pré-dimensionamento de calhas de seção retangular pode ser dado, de maneira simplificada, de acordo com Melo e Azevedo Netto (1988) *apud* Carvalho Júnior (2015a) conforme tabela abaixo:

Comprimento do telhado (m)	Largura do telhado (m)
Até 5	0,15
5 a 10	0,20
10 a 15	0,30
15 a 20	0,40
20 a 25	0,50
25 a 30	0,60

Dimensões da calha em função do comprimento do telhado.

Já em relação ao pré-dimensionamento dos condutores verticais, “[...] deve-se levar em consideração o valor da intensidade da chuva crítica, ou seja, de pequena duração, mas de grande intensidade, e área de contribuição de vazão.” (CARVALHO JÚNIOR, 2015a, p. 196). Por conta da complexidade dos ábacos disponíveis na NBR 10844 (ABNT, 1989), e na ausência de um critério rigoroso para o dimensionamento dos condutores verticais, muitos projetistas utilizam um critério mais simplificado, de acordo com a tabela seguinte:

Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Área do telhado (m ²) Chuva 150 mm/h
50	0,57	14
75	1,76	42
100	3,78	90
125	7,00	167
150	11,53	275
200	25,18	600

Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.

“Na prática, adotam-se diâmetros maiores ou iguais a 75mm, em virtude da possibilidade de entupimento dos condutores com folhas secas e pássaros mortos.” (CARVALHO JÚNIOR, 2015a, p. 196). Com isso, o número de condutores pode ser dado fixando-se um valor do diâmetro do tubo e expresso pela seguinte fórmula (CARVALHO JÚNIOR, 2015a):

$$n = A_t / A_c$$

Onde: **n** = número de condutores por calha;

A_t = área de contribuição do telhado;

A_c = área escoada pelo condutor.

ANEXO A – Proposta de orçamento (aquecimento solar de água a vácuo)

	EcoSolar Energias Renováveis R. Eng. Leonardo Arcoverde, 385, Jaguaribe João Pessoa – Paraíba – Brasil. 58015-660	CNPJ: 20.048.875/0001-70 I.E.: 16.232.301-8
		Fones: (83) 3221-0057 (83) 9668-7218 (83) 8895-1106

PROPOSTA DE ORÇAMENTO - AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA A VÁCUO

16/01/2017

DADOS DO CLIENTE:

Nome: Rafael Abrantes
 Cidade: João Pessoa/PB
 E-mail:

Empresa:
 Fone / Cel:
 Endereço:

CIDADE: João Pessoa/PB
 LOCALIZAÇÃO:
 CONSUMO MÉDIO: 450 Litros

Nº DE BANHEIROS: A consultar
 TIPO DE PRESSÃO: Baixa Pressão (5mca)
 TIPO LOCAL: A Consultar

AQUECIMENTO PARA RESIDÊNCIA

MODELO INSTALADO: Sistema Aquecimento Solar de Água a Vácuo ACOPLADO

Aquecedor Solar Acoplado - Baixa Pressão



Para 04 Pessoas: 03 Chuveiros + 02 Lavabo

O Dimensionamos o vácuo é usado para regiões de clima quente:

- 25 litros por Pessoa por Ponto (03 pessoas por 03 Chuveiros por 02 Lavabos) = 450litros

- Área média por coletor: 6,50 m²

DECRITIVO DE EQUIPAMENTOS

Unid.	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
01	Aquecedor Solar Acoplado - Baixa Pressão 450 L	R\$ 5.755,00	R\$ 5.755,00
		FRETE	Incluso
		INSTALAÇÃO	Incluso
		TOTAL	R\$ 5.755,00

ITENS INCLUSOS NA PROPOSTA

- Suporte para fixação e inclinação (para laje)
- Montagem no pondo para Ligação/Utilização (A EcoSolar não mexe na parte hidráulica da edificação)
- Manutenção no período de 01 ano após a instalação (a contar da emissão da nota fiscal)
- Frete Incluso

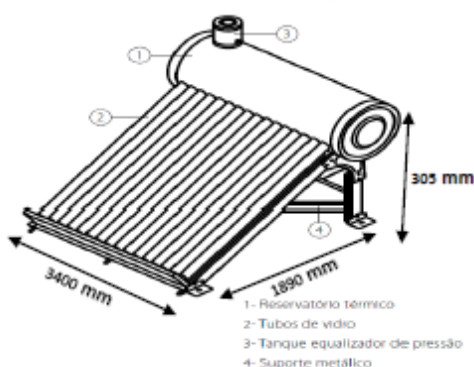
CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- A Prazo: 1+1 (boleto bancário)
- A Vista: 05% de Desconto

PRAZOS

- Prazo de entrega: 30-45 dias Fábrica(Goiás).
- Instalação: 10 dias após a chegada do material de fábrica

- Orçamento válido por 15 dias.



ANEXO B – Simulação de consumo residencial



Resultado da Simulação de Consumo

Soma total dos valores dos aparelhos adicionados em cada cômodo.

Ambiente	Aparelho	Quant.	Tempo	KWh/Mês	Custo Mensal
Sala	Lâmpada LED	3	4 Horas/Dia	5,41	2,38
	Televisão	1	4 Horas/Dia	10,80	4,75
	DVD	1	4 Horas/Mês	0,06	0,03
	Video Game	1	1 Horas/Dia	0,45	0,20
	Home Theater	1	4 Horas/Mês	1,40	0,62
Cozinha	Lâmpada LED	1	4 Horas/Dia	1,80	0,79
	Geladeira	1	24 Horas/Dia	144,00	63,40
	Sanduicheira	1	3 Minutos/Dia	1,20	0,53
	exaustor	1	5 Minutos/Dia	2,00	0,88
	Microondas	1	5 Minutos/Dia	3,00	1,32
	Purificador de água	1	15 Minutos/Dia	0,53	0,23
	Fogão	1	40 Minutos/Dia	24,00	10,57
	Liquidificador	1	5 Minutos/Dia	0,75	0,33
Quarto	Lâmpada LED	3	4 Horas/Dia	5,41	2,38
	Televisao	2	3 Horas/Dia	16,20	7,13
	Rádio Relógio	2	24 Horas/Dia	7,21	3,17
Banheiro	Lâmpada LED	3	40 Minutos/Dia	0,90	0,40
	Secador de Cabelo	1	5 Minutos/Dia	2,00	0,88
Lavanderia	Lâmpada LED	1	30 Minutos/Dia	0,23	0,10
	Ferro de Passar	1	4 Horas/Mês	4,00	1,76
	Máquina de Lavar	1	4 Horas/Mês	2,00	0,88
	Aspirador	1	3 Horas/Mês	3,00	1,32
Escritório	Lâmpada LED	3	4 Horas/Dia	5,41	2,38
	Monitor	1	4 Horas/Dia	18,00	7,92
	Notebook	1	4 Horas/Dia	12,00	5,28
	Multifuncional	1	15 Minutos/Dia	0,38	0,17
	Modem	1	24 Horas/Dia	10,80	4,75
Garagem	Lâmpada LED	2	4 Horas/Dia	3,60	1,58
	Sensor de presença	2	5 Minutos/Dia	0,05	0,02
Área Externa	Luminária	3	4 Horas/Mês	2,40	1,06
	Cortador de Grama	1	3 Horas/Mês	2,70	1,19
	Bomba de Água	1	5 Minutos/Dia	0,93	0,41

- Consumo aproximado de energia: 292,64 kWh
- Valor aproximado: R\$128,81
- Cálculo de impostos: R\$ 70,79
- Cálculo da bandeira: R\$ 16,10
- TOTAL: R\$215,70

ANEXO C – Orçamentos e especificações dos painéis fotovoltaicos

1. Proposta da Empresa EcoSolar Energias Renováveis



CASA ECOLÓGICA

A Casa Ecoeficiente é uma proposta de casa Ecológica.

A edificação unifamiliar tem um consumo médio de aproximadamente 292,64 kwh/mês ou seja 3511,68 KWh/ano.

Para um melhor enquadramento do sistema solar aos sistemas de geração fotovoltaica integrada a rede pública, fora dimensionado um projeto em cima do consumo médio mensal perfazendo um sistema de 02KWp, este sistema será integrado a edificação e com essa demanda o condomínio chegará a suprir seu consumo de energia, reduzindo seu consumo em aproximadamente 100%.

Sistema Fotovoltaico Grid-Tie 02 KWp

O Sistema Fotovoltaico a ser implantado é uma planta solar de 2 KWp instalado que atingirá

www.ecosolarbr.com.br

aproximadamente 330 Kwh/mês, ou seja 3.960 Kwh/ano, isso utilizando um período solarimétrico de 5.5 horas dias, para instalações no Norte e Nordeste, atingindo 100% da produção já com as perdas.

Este Projeto será integrado a edificação utilizando-se do telhado para implementação de 08(oito) painéis fotovoltaicos de 250W que computa uma área de aproximadamente 13 m² em painéis onde cada um tem uma área de aproximadamente 1.62m²(0.99 x 1.64).

Itens incluso nesta Proposta

- 08 Painéis Solar Fotovoltaico de 250Wp da QXPV ou Canadian.
- 01 Inversores 2 KWp (2.000 W) da Fronius ou ABB.
- Suportes de fixação em alumínio para os painéis em telhado já inclinados.
- 60 metros de Cabo Solar Flexível 6mm Preto com Isolação de 1K.
- 04 Pares de Conector MC4 com proteção IP 67.
- 01 Caixa de proteção AC e CC com dispositivos anti-surto para modelo de inversor.
- Sistema de Aterramento triangular.
- Sistema de Monitoramento integrado – Wi-Fi.

Instalação:

- Material elétrico necessário para instalação do sistema, como parafusos e miscelâneas previsto previamente nas normas da ANEEL e da Concessionária.
- Projeto e Encaminhamento para regularização do sistema junto a distribuidora de energia.
- Projeto Executório e implementação.
- Instalação e Manutenção de 1 ano a contar da emissão da nota fiscal.
- Impostos Inclusos. Valores em R\$, sujeitos a variações do Dólar.

Investimento

O sistema de geração fotovoltaica de 2 KWp sairá no custo de R\$ 20.760,00 (vinte mil setecentos e sessenta reais). Instalação e Manutenção Incluso.

Viabilidade

A viabilidade do Projeto está com base no investimento de R\$ 20.760,00 (vinte mil setecentos e sessenta reais) e após a implementação do sistema a economia mensal de aproximadamente R\$ 195,00 (cento e noventa e cinco reais) com o Watts a 0.59 centos já com os impostos.

~~PayBack~~ do investimento em aproximadamente 106 (cento e seis meses) tendo uma economia estimada em aproximadamente R\$ 49.530,00 (quarenta e nove mil quinhentos e trinta reais) o uso da energia fotovoltaica estimando uma vida útil do sistema de 360 meses, SEM acrescentar os juros e correção monetária.

A edificação ira economizar ANUALMENTE ~~entorno~~ de R\$ 2.364,00 (dois mil trezentos e sessenta e quatro reais). O ~~KWk~~ sairá por R\$ 10,38 reais.

Prazo de Entrega e Instalação

A entrega dos equipamentos é coordenada com o cronograma de projeto e instalação, prazo médio de

www.ecosolarbr.com.br

entrega 30 dias e 05 a 15 dias para instalação. No caso de grandes projetos demandam importação com prazo médio de 60 dias para entrega dos painéis e 30 a 45 dias para instalação das plantas solares.

Obs. Quantidade em estoque disponíveis no [Brasil](http://www.ecosolarbr.com.br) para aquisição imediata.

Formas de Pagamento

- Após assinatura de contrato, transferência bancária no montante de 75% a título de entrada para aquisição dos equipamentos e 25% na entrega dos materiais e valor da instalação poderá ser dividida em até 12 vezes.

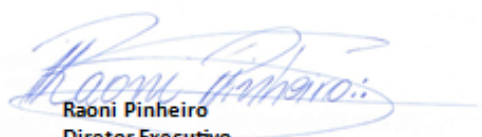
Garantias

- PLACAS: 10 anos contra defeito de fabricação e 25 anos contra perda de 20% da produção de energia
- INVERSORES: 05 anos contra defeito de fabricação. Vida útil estimada de 10 anos
- SUPORTES: 10 anos contra defeito de fabricação e 50 anos de vida útil
- DEMAIS EQUIPAMENTOS: 01 anos contra defeito de fábrica

DESDE JÁ AGRADECEMOS SEU CONTATO!

CONHEÇA NOSSOS PRODUTOS E PROJETOS NO SITE:

WWW.ECOSOLARBR.COM.BR



Raoni Pinheiro
Diretor Executivo
Especialista em Energias Renováveis

2. Proposta da Empresa Solar



FICHA TÉCNICA DO SEU SISTEMA GERADOR

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:

2,18

kWp. (ou potência instalada)

O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:

R\$ 15.914,00

até

R\$ 20.710,00

Quantidade de placas fotovoltaicas:

8

de 260 Watts

Produção anual de energia

3504

kWh/ano aproximadamente

Área mínima ocupada pelo sistema:

17,43

metros quadrados aprox.

Peso médio por metro quadrado:

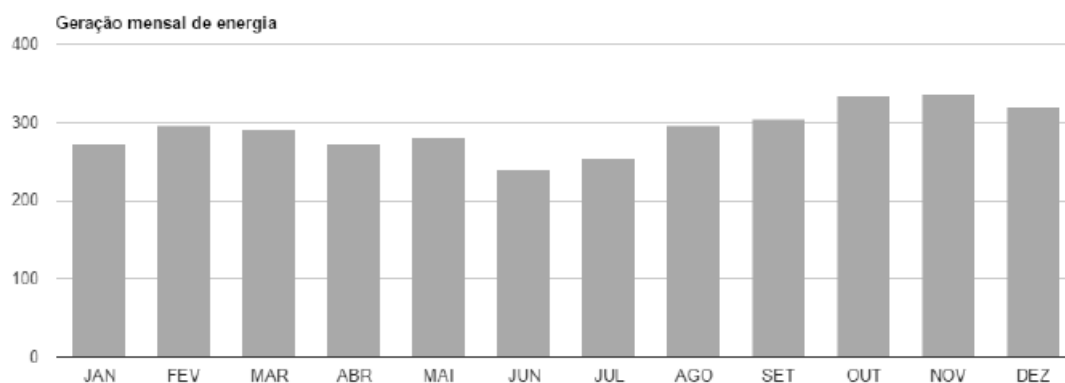
15

kilograma / metro quadrado

Geração mensal de energia:

292

kWh/mes aproximadamente



ATENÇÃO: os valores aqui citados vão variar, para mais ou menos, de acordo com a complexidade da sua instalação. (por exemplo: altura do telhado, distância, rede local, etc). O cálculo de produção de energia baseia-se na radiação solar da região selecionada. Diversos fatores como inclinação dos painéis fotovoltaicos, sombras ou outro tipo de interferência podem influenciar na produção de energia do seu sistema.

3. Proposta da Empresa NeoSolar

 INVESTIMENTO	 ESTIMATIVA AMBIENTAL	 SISTEMA INDICADO
De R\$ 22.503,98 a R\$ 32.558,96 Estimativa de investimento De R\$ 22.503,98 a R\$ 32.558,96 Economia mensal R\$ 182,00 Economia total acumulada em 30 anos R\$ 199.258,99 VER GRÁFICO	EQUIVALENTE A 432.392 KM DE CARRO ELÉTRICO Redução de CO₂ na atmosfera 47.417 kg CO₂ Equivalente a árvores plantadas 339 árvores Equivalente a KM rodados de carro 432.392 km	2,39 kWp Tamanho do Sistema 2,39 kWp Número de Módulos 9 módulos Produção anual estimada 3.309 KWh Área necessária 16,76 m² Peso estimado 227,43 kg

ANEXO D – Artigo Avaliação de Ciclo de Vida**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA
COMPARATIVA NA ESCOLHA DE
MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DE
FUNDAÇÕES RESIDENCIAIS
UNIFAMILIARES: ESTUDO DE CASO**

Rafael de Carvalho Costa Abrantes**Michel Alves Branco****Monica Carvalho****Paulo Roberto Oliveira de Carvalho Junior****Kelly Cristiane Gomes****RESUMO**

O principal meio de descanso, conforto e privacidade do ser humano, a sua residência, tem passado por transformações ao longo dos tempos, procurando sempre a inovação das casas convencionais, não só com os aspectos construtivos, mas também com a qualidade de vida que se terá por vários anos. Com isso, as construções sustentáveis tomam cada vez mais espaço e tornam-se mais comuns nos dias de hoje, despertando-se o prazer de se viver em uma residência onde o porte, acabamentos de primeira qualidade e luxos em geral não serão mais protagonistas de um bom projeto arquitetônico. A metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) sem sendo, progressivamente, mais aplicada à busca por materiais mais sustentáveis na construção civil. O objetivo principal deste trabalho foi verificar o potencial de redução de cimento Portland na construção civil. Com simulações geradas pelo software SimaPro, selecionou-se o método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GWP 100a, que expressa os impactos ambientais em kg CO₂-eq. O presente artigo comparou o grau de impacto ambiental gerado por dois tipos de concreto: à base de cimento Portland composto CP-II; e concreto geopolimérico. O resultado final permitiu sugerir o uso daquele concreto de impacto menos agravante na execução das fundações de uma residência unifamiliar específica.

Palavras-chave: Concreto. Cimento. Residência. Construção. Sustentabilidade. Avaliação de Ciclo de Vida.

ABSTRACT

The primary means of relaxation, comfort and privacy of the human being, his residence, has undergone changes over the years, always looking for innovation from conventional houses, not only with the constructive aspects, but also with the quality of life that it has for several years. As a result, sustainable building stake more and more space and become more common these days, waking up the pleasure of living in a residence where the size, top quality finishes and general luxuries are no longer protagonists of a good architectural design. The methodology of Life Cycle Analysis (LCA) without being progressively more applied to the search for more sustainable materials in construction. The aim of this study was to verify the Portland cement reduction potential in construction. With simulations generated by SimaPro software, was selected the environmental impact assessment method IPCC 2013 GWP 100a, which express environmental impacts in kg CO₂-eq. The article compared the degree of environmental impact caused by two types of concrete: Portland cement – based compound CP-II; concrete and Geopolymer. The end result it suggests the use of that less aggravating impact of concrete in the execution of the foundations of a specific single-family residence.

Keywords: Concrete. Cement. Residence. Construction. Sustainability. Life CycleAnalysis.

**Rafael de Carvalho
Costa Abrantes**

Universidade Federal da
Paraíba – UFPB – Brasil

Michel Alves Branco

Universidade Federal da
Paraíba – UFPB – Brasil

Monica Carvalho

Universidade Federal da
Paraíba – UFPB – Brasil

**Paulo Roberto Oliveira
de Carvalho Junior**

Universidade Federal da
Paraíba – UFPB – Brasil

Kelly Cristiane Gomes

Universidade Federal da
Paraíba – UFPB – Brasil

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental causada por ações antrópicas tem se tornado um grande problema mundial. Componentes como água, solo e ar são atingidos diretamente por essas ações e resultam em sérios problemas a saúde humana e aos ecossistemas (CYBIS; SANTOS, 2000). A sociedade vem passando por um processo de desenvolvimento de consciência ambiental, e já começa a se preocupar com os impactos ambientais associados a produtos ou serviços (CARVALHO; FREIRE; BRITO, 2015).

Para a indústria do cimento, constitui também um tema de máxima relevância, uma vez que a emissão de CO₂ é intrínseca ao seu processo produtivo, seja com a transformação química da matéria-prima em cimento, seja com a queima de combustíveis utilizados para possibilitar essa transformação (KIHARA; VISEDO, 2014). Portanto, devemos atentar para importância da grande contribuição da construção civil nos impactos ambientais gerados atualmente.

Por parte da construção civil, há uma geração significativa de resíduos causadores de impactos ambientais, caracterizados pelo consumo de grande quantidade dos recursos naturais, contribuindo com cerca de 50% da geração de resíduos (INVIDIATA; LIBRELOTTO; GUTHS, 2014). Consequentemente, devemos priorizar este setor para que possamos alcançar uma sociedade sustentável em um período de tempo satisfatório (ERLANDSSON; BORG, 2003).

Para ser considerada sustentável, uma construção precisa combinar as dimensões do desenvolvimento sustentável no seu planejamento, ou seja, é preciso levar em consideração as dimensões ambiental, social, econômica e cultural (BRAGANÇA; MATEUS, 2006). Esta construção, dentro das limitações econômicas, é dependente de uma seleção coerente entre materiais e componentes, que ao se integrar ao detalhamento do projeto, resulta em impactos ambientais menores, assim como um maior benefício social (JONH; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

O cimento Portland tem lugar significativo nesse ponto por ser o material de construção de maior utilização no mundo, sendo usado, principalmente, na composição de concretos e argamassas com função de desenvolvimento de resistência mecânica e durabilidade (BORGES *et al.*, 2014). Estudos internacionais apontam que aproximadamente 5% das emissões de CO₂, de origem antrópica, no mundo provêm da produção de cimento (no Brasil esse valor corresponde a 1,4%, de acordo com o último

Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa, divulgado em 2010) (KIHARA; VISEDO, 2014).

Os edifícios e outras obras influenciam a natureza, função e aparência do meio ambiente. A construção com fundamentadas preocupações de sustentabilidade implica um processo permanente, constituído por um conjunto de medidas diversificadas, a serem integralmente assumidas e compatibilizadas ao longo de todo o processo construtivo, desde a extração de matérias-primas, passando pelo planeamento, projeto, construção e utilização até a possível demolição e destino final dos resíduos resultantes (ROCHETA; FARINHA, 2007, p. 03).

De acordo com Agopyan e John (2011, p. 14):

“[...] o impacto ambiental da Construção Civil depende de toda uma enorme cadeia produtiva: extração de matérias-primas; produção e transporte de materiais e componentes; concepção e projetos; execução (construção), práticas de uso e manutenção e, ao final da vida útil, a demolição/desmontagem, além da destinação de resíduos gerados ao longo da vida útil.”.

Por sua vez, o concreto é um dos materiais de construção mais utilizados mundialmente, com um consumo de 25 Gt por ano; consequentemente, seu impacto ambiental é significativo em termos de usos dos recursos naturais e emissões, e já existe um público misto (gerentes, tomadores de decisão e fabricantes) interessados em entender e diminuir o impacto ambiental do concreto (e outros materiais), o que requer a abordagem da Avaliação de Ciclo de Vida destes materiais (GURSEL *et al.*, 2014).

Como forma de quantificar os índices de sustentabilidade, a metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) está sendo progressivamente mais utilizada na elaboração de projetos ecologicamente corretos. A ACV possibilita o cruzamento de dados e a quantificação de impactos ambientais oriundos da utilização de diferentes materiais e formas de energia, podendo ser aplicada a produtos, processos ou serviços (GUINÉE, 2001; GUINÉE, 2002).

O estudo e o consequente desenvolvimento de tecnologias e técnicas construtivas que levem a uma maior sustentabilidade, minimizando os impactos causados ao meio ambiente, justifica-se e assume importância vital para o desenvolvimento de uma nova concepção de cidade sustentável (FERREIRA, 2014, p. 4).

Atualmente, a ACV é utilizada e reconhecida na área de avaliação de sustentabilidade de edificações como o método mais confiável para avaliação de impactos ambientais, os quais são oriundos não apenas em sua construção, como também da produção de produtos e materiais de construção e da utilização destes empreendimentos

(BRAGANÇA; MATEUS, 2012). Ainda observamos uma tímida participação da ACV em estudos na construção civil. Porém, já existem iniciativas de utilização de softwares estrangeiros com bancos de dados nacionais ou internacionais adaptados à realidade brasileira (GARCIA, 2011).

Este trabalho insere-se num projeto mais amplo, focado no projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar com conceitos sustentáveis. Assim, o objetivo do presente trabalho é comparar duas opções para construir a fundação de uma residência unifamiliar específica: concreto à base de cimento Portland composto CII (cimento, areia, brita e água) e concretogeopolimérica (metacaulinita, areia, brita e solução alcalina). A ACV não somente permitirá englobar o ciclo de vida dos materiais no cálculo dos impactos ambientais, como também permitirá a identificação das etapas mais poluentes no processo de escolha da fundação da casa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

A proteção ambiental e os impactos associados aos produtos têm demandado a necessidade do desenvolvimento de ferramentas de auxílio na análise e avaliação dos impactos envolvidos na produção (ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) se destaca como ferramenta de prevenção à poluição, tendo por base o estabelecimento de uma sequência de etapas pré-definidas, integrando a análise de inventários, de impactos e melhorias.

Um dos principais empecilhos para a adoção de práticas sustentáveis de construção é a dificuldade de se compreender e quantificar os custos tanto ambientais como financeiros associados às edificações “verdes”. A ACV permite quantificar e divulgar os benefícios das práticas sustentáveis de construção. As ferramentas de ACV devem ser usadas ainda no início do processo de projeto, visto que a utilização inicial das ferramentas de avaliação permite implantar o projeto integrado de edificações e reduzir os custos do projeto como da construção (KEELER; BURKE, 2010, p. 270).

Nesse sentido, a ACV tem por objetivo avaliar os impactos ambientais associados a um produto, processo ou atividade, observando-se a energia e materiais empregados e os resíduos gerados a partir dessa produção (SOARES; PEREIRA; BREITENBACH, 2002).

Em sua estrutura, a ACV compreende as etapas de definição de objetivo e escopo,

análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. O objetivo da análise está diretamente relacionado com a aplicação do estudo e para o público-alvo, ao passo em que o escopo precisa ser definido de modo a garantir sua extensão, a profundidade e o grau de detalhes compatíveis para alcançar o objetivo (ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

Na análise do inventário, estão envolvidos a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as informações de entrada e saída de um determinado produto, contribuindo para a avaliação dos impactos que compreendem a significância dos impactos ambientais causados.

A partir da análise do inventário e avaliação dos impactos, em combinação com o objetivo e escopo definidos, os resultados podem ser interpretados de modo a alcançar conclusões e recomendações (ABNT, 2009). O uso desse tipo de análise é vasto e pode ser aplicado de diversas formas, tais como (i) fornecer uma ampla base de informações sobre necessidades totais de recursos, emissões e consumo energético; (ii) identificar pontos de possíveis reduções nas necessidades de recursos e emissões; (iii) comparar entradas e saídas do sistema associadas com produtos alternativos; e (iv) auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, processos ou atividades, visando a uma redução das necessidades de recursos e emissões (BORGES *et al.*, 2014).

Dentre os softwares para ACV existentes, destacam-se o SimaPro, de origem holandesa; o Gabi e o Umberto, de origem alemã e o Athena Ecocalculator, de origem americana. Esses softwares funcionam respeitando as Normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006), que estabelecem a metodologia da ACV. O software utilizado neste trabalho foi o SimaPro 8.0.5.13 (SIMAPRO, 2015), software computacional que possibilita a análise e monitoramento de produtos com base na perspectiva ambiental, e permite calcular o impacto ambiental oriundo de um determinado serviço ou produto, sendo possível, ainda, comparar diversos tipos de análise.

O presente estudo considera a ACV do tipo *cradle-to-gate*, que analisa as matérias-primas até a produção do material, considerando sua vida útil, mas excluindo o descarte final. Para os dois tipos de fundação em estudo, as etapas de extração de matérias-primas, transporte e aplicação do concreto são as mesmas, sendo assim, dispensáveis para a comparação.

Integrado ao SimaPro, a base de dados do Ecoinvent (ECOINVENT, 2015) foi utilizada, já que é utilizada na grande maioria das análises e é amplamente reconhecida

como a maior e mais consistente base de dados de ACV existente no mercado.

2.1.1.MÉTODO IPCC

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é o principal organismo internacional para a avaliação das alterações climáticas. Foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1988 para fornecer ao mundo com uma visão científica clara sobre o estado atual do conhecimento na mudança do clima e seus potenciais impactos ambientais e socioeconômicos (IPCC, 2015).

O método IPCC 2013 GWP 100a foi escolhido devido às preocupações atuais com as mudanças climáticas e, principalmente, com o Potencial de Aquecimento Global (PAG)¹ decorrentes da emissão de gases de efeito estufa (GEE), sendo o CO₂ o principal, além disso, é o mais utilizado entre as pesquisas. O método representa impacto ambiental em kg equivalentes de CO₂ (kg CO₂-eq) que é calculado da seguinte forma:

$$PAG_i = \frac{\int_0^T a_i c_i(t) dt}{\int_0^T a_{CO_2} c_{CO_2}(t) dt} \quad (1)$$

PAG_i : Potencial de aquecimento global da substância “i” expressa em CO₂-eq;

T : Horizonte de tempo (que pode ser de 20, 100, 500 anos);

A_i : Efeito de uma unidade de massa da substância (i);

C_i(t) : Concentração da substância (i) ao longo do tempo (t);

a_{CO₂} e c_{CO₂} : Parâmetros para substâncias de referência de CO₂ correspondente.

O Potencial de Aquecimento Global pode então ser calculado como:

$$PAG = PAG_i \cdot m_i \quad (2)$$

Onde m_i é a massa (em kg) da substância emitida. O resultado final é dado em kg CO₂-eq (IPCC, 2013).

¹ O Potencial de Aquecimento Global (Em inglês, Global Warming Potential - GWP), estabelecido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2015), para uma substância específica é a relação entre a contribuição para a absorção de calor de radiação, resultantes da descarga instantânea de 1 kg de GEE e uma emissão igual de dióxido de carbono (CO₂).

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA RESIDÊNCIA

As decisões de projeto, como localização das obras, a definição do produto a ser construído, o partido arquitetônico e a especificação de materiais e componentes, afetam diretamente o consumo de recursos naturais e de energia, bem como a otimização ou não da execução e o efeito global no seu entorno (corte, aterro, inundações, ventilação, insolação), sem falar nos impactos estéticos e urbanísticos mais amplos. Os insumos empregados são, por si só, grandes consumidores de recursos naturais e de energia, mas também podem absorver e servir para reciclagem de resíduos agroindustriais. (AGOPYAN; JOHN, 2011, p. 15).

A residência escolhida para elaboração do projeto arquitetônico residencial unifamiliar está localizada na cidade de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba (figura 1), no Bairro dos Estados, que tem como limites oficiais os bairros de Mandacaru e dos Ipês ao Norte; Tambauzinho ao Sul; Pedro Gondim e Castelo Branco ao Leste; e Treze de Maio à Oeste (figura 2).



Figura 1. Localização da cidade de João Pessoa (em laranja e ampliado) no Estado da Paraíba e no Mpa do Brasil.

Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa. Editado pelos autores. Disponível em:

<http://www.agencia.ufpb.br/mapas/joaopessoa/joaopessoa.html>. Acesso em 09 de setembro de 2015.

A implantação no terreno é feita respeitando-se o Código de Urbanismo do Município de João Pessoa, que estabelece recuos mínimos de 5 m de frente, 3 m de fundos e 1,5 m nas laterais (PARAÍBA, 2001) e de maneira ortogonal aos limites perimetrais do lote.

A residência é composta de garagem para dois automóveis, salas de estar, jantar e televisão integradas, três suítes (sendo uma delas dimensionada e equipada para pessoas com deficiência (PCD) de acordo com a NBR 9050/2015), área gourmet e lavabo, além de um banheiro completo entre as duas suítes voltadas para fachada leste (figura 4). Foram estabelecidos os níveis de cotas 0,00m para calçada e jardins perimetrais e +0,20m para residência como um todo, além daqueles relativos ao telhado jardim (+3,68m) e laje impermeabilizada da caixa d'água (+4,65m).

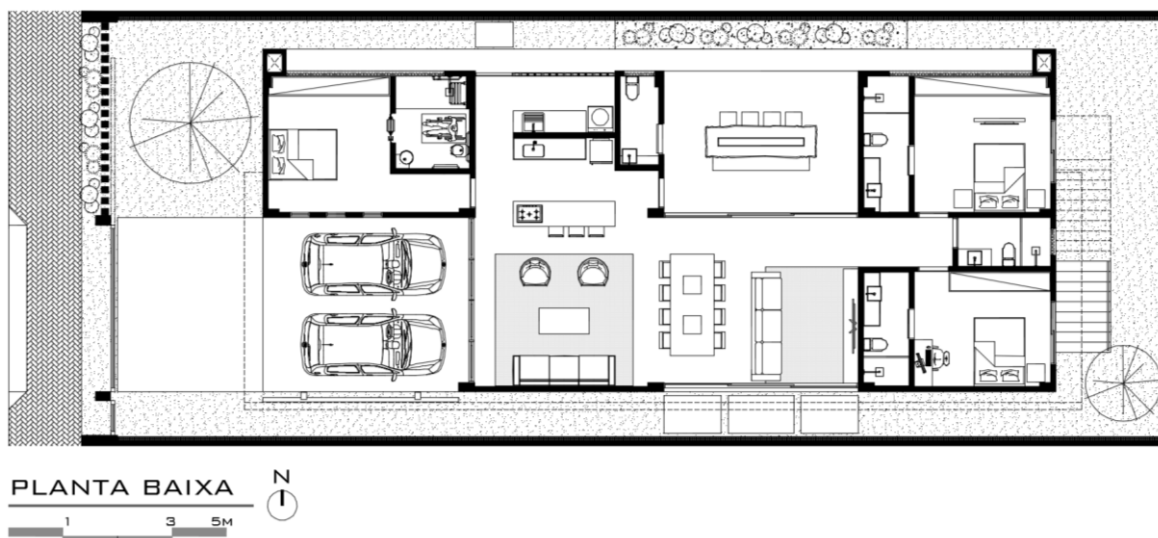


Figura 4. Planta baixa da residência em estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

2.3. CARACTERIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

2.3.1. FUNDAÇÃO 01

O primeiro tipo de fundação em estudo é de concreto à base de cimento Portland CII-E, com até 34% de escória de alto forno. O cimento escolhido neste trabalho foi selecionado pois é amplamente utilizado em concretos na região metropolitana de João Pessoa (PB), área para a qual o estudo foi realizado. O concreto é composto por agregados naturais (areia natural e brita calcária) e apresenta uma resistência de 40 MPa a 28 dias, de

acordo com concreteira da região. A Tabela 01 mostra a composição do material da fundação 01 (Concreto Convencional).

Tabela 1. Componentes materiais da fundação 01.

Constituinte	Consumo por m³	Traço
Cimento Portland CP II	425 kg	1
Água	194 kg	0,46
Areia Natural	730 kg	1,72
Brita Calcária	1048 kg	2,47
Aditivo Plastificante	5 kg	0,01

2.3.2.FUNDAÇÃO 02

A fundação alternativa é composta por cimento geopolimérico, que de acordo com Buchwald; Zellmann; Kaps (2011) é um aluminossilicato álcalis-ativado SiO_2 e Al_2O_3 em proporções suficientes e em forma reativa (como cinzas, argilas ativas, pozolana e escórias), misturados a uma solução alcalina aquosa ativadora que pode conter hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, silicato de sódio ou potássio. Neste estudo foi utilizado para sua produção os mesmos agregados naturais da fundação 1, o metacaulim e silicato de sódio como solução alcalina. Esse tipo de concreto foi escolhido devido aos bons resultados obtidos com matrizes geopoliméricas em outros projetos (GOMES, 2014).

Para a formulação do concreto geopolimérico a relação entre os materiais secos foi mantida idêntica ao traço do concreto tradicional, ou seja, a relação cimento Portland:areia:brita é idêntica à relação metacaulim:areia:brita. Contudo, foi empregado a relação 0,84 entre a solução alcalina e a quantidade de metacaulim, com o objetivo de garantir resistência mecânica e boa trabalhabilidade ao produto final. A quantidade de material necessária para a produção de 1 m³ desse concreto foi calculada a partir da densidade do mesmo quando fresco, ou seja, 2.300 kg/m³. A Tabela 02 apresenta a composição de material da fundação 02 (Concreto Geopolimérico).

Tabela 2. Componentes materiais da fundação 02.

Constituinte	Consumo por m³	Traço
Metacaulim	353,50 kg	1
Solução alcalina (Silicato de Sódio + Hidróxido de Sódio + Água)	296,79 kg	0,84
Água	164,71 kg	0,46
Areia natural	610,00 kg	1,72
Brita calcária	875,00 kg	2,47

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os componentes e seus respectivos valores para cada tipo de fundação foram lançados no software SimaPro para que este gerasse a rede da cadeia produtiva, expressando os resultados em quilogramas de CO₂ equivalentes (kg CO₂-eq). As Tabelas 3 e 4 mostram os impactos ambientais de cada fundação.

Tabela 3: Impacto Ambiental gerado pela Fundação Tipo 01.

Fonte: Resultados do SimaPro (2015), adaptado pelos autores

Constituinte	kg CO₂-eq
Cimento Portland CP II	386,00
Água	0,13
Areia natural	3,06
Brita calcária	10,80
Aditivo plastificante	5,27
Total kg CO₂-eq/m³	405,26

Observa-se claramente a grande contribuição da produção do Cimento Portland (poucos mais de 95% dos impactos ambientais totais), onde o principal impacto está relacionado à demanda térmica no processo de clinquerização (BORGES *et al.*, 2014). Segundo Humphreys e Mahasenana (2002), a indústria cimenteira é responsável por cerca de 3% das emissões mundiais dos gases de efeito estufa. Devido a estas emissões, cerca de

5% das emissões mundiais de CO₂ na atmosfera são de responsabilidade da mesma (WBCSD, 2012). Observando estas emissões em forma de porcentagem, aproximadamente 50% se devem do processo produtivo, portanto temos 5% para o transporte, outros 5% para o uso da eletricidade, e 40% é resultante do processo de clínquerização (HUMPHREYS; MAHASENAN, 2002). Este processo requer a queima de matérias-primas (calcário e argilas) a uma temperatura de aproximadamente 1.500 °C, com alta liberação de CO₂ (BORGES *et al.*, 2014). Para diminuirmos estas emissões devemos considerar mudanças no processo de clínquerização (HEEDE; DE BELIE, 2012).

Segundo Kihara e Visedo (2014), praticamente todo o cimento no Brasil é produzido por via seca, garantindo significativa diminuição do uso de combustíveis em relação a outros processos menos eficientes. Os fornos via seca com pré-aquecedores e pré-calcinadores, no Brasil, são responsáveis por cerca de 99% da produção de cimento. Os pré-aquecedores e pré-calcinadores, reaproveitam os gases quentes para pré-aquecer a matéria-prima previamente à entrada do forno, diminuindo ainda mais o consumo de combustíveis, assim podem resultar em uma eficiência energética de até 50% ao compararmos aos fornos de via úmida (SNIC, 2011).

Já na fundação 02, à base de Cimento Geopolimérico, apresentou-se com um menor impacto ambiental (337,79 kg CO₂-eq/m³). Ainda assim, alguns processos ainda exigem grande quantidade de energia para a produção; nesse caso, para se obter o silicato de sódio, a maior demanda energética está relacionada às etapas de fusão e dissolução (FAWER; CONCANNON; RIEBER, 1999).

Tabela 4: Impacto Ambiental gerado pela Fundação Tipo 02.

Fonte: Resultados do SimaPro (2015), adaptado pelos autores

Constituinte	kg CO₂-eq
Metacaulim	80,40
Solução Alcalina	245,66
Água	0,11
Areia natural	2,56
Brita calcária	9,06
Total kg CO₂-eq/m³	337,79

As emissões de CO₂ no processo produtivo do concreto geopolimérico estão relacionadas à obtenção de suas matérias-primas: ocorrem emissões no processo produtivo do metacaulim e do silicato de sódio; em ambos o CO₂-eq é proveniente da queima de combustíveis fósseis para fornecimento de calor (BORGES *et al.*, 2014).

As Tabelas 3 e 4 mostram o impacto ambiental associado a cada metro cúbico de fundação. Considerando que o volume necessário para a fundação da casa é de 6,48 m³, os impactos ambientais totais associados à fundação da casa são 2.626,08 kg CO₂-eq para a fundação 01 e são 2.188,88 kg CO₂-eq para a fundação 02. Percebe-se uma possibilidade de que a escolha da fundação 2 ajude a mitigar as mudanças climáticas, com economia de aproximadamente 16,6% de emissões. Obviamente, esta é apenas uma etapa do processo construtivo para uma casa, e o somatório ao longo de várias etapas pode resultar num valor expressivo, ainda mais quando se considerar um conjunto residencial, por exemplo.

Após uma revisão sistemática e detalhada da literatura existente sobre o tema, poucas informações foram obtidas sobre impactos ambientais específicos da etapa de fundação para a construção de uma residência unifamiliar. O trabalho de Marceau e VanGeem (2008) comparou os impactos ambientais de uma casa de alvenaria/concreto com uma casa de madeira em cinco cidades norte-americanas, usando ACV, mas sem especificar o inventário específico da etapa de fundação, concluindo que a etapa de ocupação da casa foi a etapa mais poluente (consumo de utilidades energéticas). O trabalho de Porhinčák y Eštoková (2008) realizou o perfil ambiental de uma residência unifamiliar, por meio da ACV, porém obteve valores de emissões para a construção como um todo aproximadamente 35 t CO₂-eq para uma casa de 80 m². O estudo de Sedláková, Vilčeková e Burdová (2015) mostra que as fundações com maior participação de concreto (com Portland) acabam impactando mais o meio ambiente.

O estudo de Ondova e Estokova (2014) menciona que a fundação de uma casa de alvenaria pode representar aproximadamente 23% do impacto ambiental (em kg CO₂-eq) global da construção (para uma fundação de madeira, pode chegar até 98%), e valores entre 25 e 75 kg CO₂-eq/m² foram obtidos. Já em 2015, Ondova e Estokova (2015) estudaram o impacto ambiental de vários tipos de fundação em diferentes residências, concluindo que a fundação é responsável por 20% das emissões totais de GEI associadas à construção, e que as emissões variaram entre 22,59 e 113,67 kg CO₂-eq/m² para a fundação (mediana: 74.61 kg CO₂-eq/m²). As fundações de Ondova e Estokova (2014, 2015) utilizaram concreto convencional além de impermeabilização com asfalto ou PVC, o

que explica os valores mais altos.

Em relação ao impacto ambiental específico do cimento Portland, pode-se citar algumas vantagens da substituição de parte do clínquer por adições alternativas ao cimento (BORGES *et al.*, 2014): (i) diminuição no consumo de recursos naturais – no caso do uso de resíduos industriais como adições minerais; (ii) menor emissão de CO₂; (iii) menor quantidade de matéria-prima calcinada para a produção de uma tonelada de cimento Portland, diminuindo as emissões provenientes da calcinação e da queima de combustíveis fósseis, que ocorrerá em menor quantidade; e (iv) menor demanda de energia, caso haja reduções na moagem, processo de maior demanda energética na produção de Cimento Portland. Portanto, a produção de cimentos com adições ao clínquer, com materiais como escórias de alto forno, cinzas volantes, pozolanas artificiais e fíller calcário, além de diversificar as aplicações e características específicas do cimento, propicia a redução das emissões de CO₂, uma vez que diminui a produção de clínquer e, consequentemente, a queima de combustíveis e a emissão da descarbonatação (KIHARA; VISEDO, 2014).

Torgal e Jalali (2007) citam que o uso de materiais com maior durabilidade, que demandem uma menor utilização de energia ou que sejam recicláveis são opções alternativas para proporcionar maior sustentabilidade às construções; o uso de ligantes como alternativa ao Cimento Portland contribui para a sustentabilidade da construção. A produção de silicatos de sódio, por exemplo, já foi objeto de uma ACV realizada por Fawer, Concannon e Rieber (1999), onde já se verifica a preocupação de fornecer dados científicos para posterior utilização em outras ACVs. O estudo de Torgal e Jalali (2009) abordou o tema dos ligantes geopoliméricos como alternativa ao cimento Portland, concluindo que os materiais ligantes se caracterizavam por maior durabilidade e menores emissões de CO₂, podendo chegar a uma redução de 70% nas emissões (WELL; DUMBROWSKI; BUCHWALD, 2009). Torgal e Jalali (2009) ressaltam ainda que apesar do cimento Portland possuir custo mais econômico que os ligantes geopoliméricos, quando se considera a relação custo/resistência os ligantes geopoliméricos são competitivos. Heede e Belie (2012) desenvolveram ACV para dois concretos: tradicional e "verde" (com incorporação de resíduos) e concluíram que o impacto ambiental de escória de alto forno e cinzas volantes foi uma ordem de magnitude mais baixa que o do cimento Portland.

Meyer (2009) menciona que os princípios do desenvolvimento sustentável e edifícios verdes tem sido implementados na construção civil em um ritmo acelerado ao longo dos últimos anos, especialmente para o concreto (devido aos seus altos impactos

ambientais). O estudo de Ortiz, Castells e Sonnemann (2009) compilou e apresentou os maiores destaques realizados em ACV entre 2000 e 2007, no setor da construção, e em resumo, conclui que a aplicação da ACV é fundamental para garantir sustentabilidade e melhorias na construção civil. Huntzinger e Eatmon (2009) utilizaram ACV para avaliar o impacto ambiental de quatro processos de fabricação de cimento, concluindo que as pozolanas naturais ajudaram a obter o menor impacto ambiental.

O trabalho de Gursel *et al.* (2014) fez uma revisão de 12 trabalhos publicados sobre inventários de ciclo de vida de vários tipos de concreto, concluindo que enquanto haja demanda por produtos e sistemas “mais verdes”, existirá pesquisa em ACV de concreto e construções.

A aplicação da ACV permitiu identificar a opção com menor impacto ambiental: o concreto geopolimérico possui aproximadamente 16,6% menos emissões de CO₂-eq do que sua alternativa tradicional, o concreto convencional. Esta etapa é somente a primeira dentro do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar com conceitos sustentáveis. Ainda que neste caso a diferença de impactos ambientais pareça insignificante dentro da construção, a tomada de decisões em cada passo do projeto deve seguir a filosofia da sustentabilidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi aplicar a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) a duas alternativas para a fundação de uma residência unifamiliar específica: concreto à base de cimento Portland composto CPII (cimento, areia, brita e água) e concreto geopolimérico (metacaulinita, areia, brita e solução alcalina). Esta avaliação ambiental foi motivada devido às preocupações ambientais relacionadas ao processo de produção de cimento Portland, já que uma das etapas mais importantes, a clinquerização, emite grandes quantidades de emissões.

O software SimaPro foi utilizado, em conjunto com a base de dados EcoInvent, para o desenvolvimento da avaliação ambiental, que aplicou o método de avaliação ambiental IPCC 2013 GWP 100a. Este método foi selecionado devido as preocupações recentes com mudanças climáticas, e para verificar o potencial de mitigação de mudanças climáticas associado a escolha de uma fundação específica. A fundação baseada em cimento Portland obteve 405,26 kg CO₂-eq/m³, enquanto o concreto geopolimérico obteve

aproximadamente 16,6% menos emissões, totalizando 337,79 kg CO₂-eq/m³.

Ficou evidente a viabilidade que o concreto geopolimérico apresenta em termos ambientais relacionadas às emissões de CO₂-eq, além de seu alto desempenho físico-químico.

Trabalhos futuros dos autores incluem a aplicação da ACV em outras etapas da construção e da seleção de materiais para a casa, como por exemplo, uma ACV comparativa entre esquadrias de alumínio e de madeira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Projeto Universal, nº 475879/2013-9).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil: volume 5. – São Paulo: Blucher, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura, Rio de Janeiro, 2014a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Requisitos e orientações, Rio de Janeiro, 2014b.

BORGES, Paulo; LOURENÇO, Thuany; FOUREAUX, Ana; PACHECO, Luiza. Estudo comparativo da Avaliação de Ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II). Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, abr./jun. 2014.

BRAGANÇA, Luís; MATEUS, Ricardo. Análise do ciclo de vida de construções metálicas. In I Congresso Luso-africano de Construção Metálica Sustentável, Luanda, Angola, 2012.

BRAGANÇA, Luís; MATEUS, Ricardo. Sustentabilidade de soluções construtivas. In Congresso Sobre Construção Sustentável, 2, Porto, Portugal, 2006.

BUCHWALD, Anja; ZELLMAN, Hanz-dieter; KAPS, Christian. Condensation of aluminosilicate gels - model system for geopolymer binders. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v. 357, n. 5, p. 1376-1382, 2011.

CYBIS, Luiz Fernando; SANTOS, Carlos Vicente John dos. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada à indústria da construção civil – estudo de caso. In XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.

ECOINVENT v3.0 Database. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, Switzerland, 2013.

ERLANDSSON, Martin; BORG, Mathias. Generic LCA-methodology applicable for buildings, construction and operation services – today practice and development needs. In *Building and Environment*, v.38, n. 7, p. 919-938, 2003.

FAWER, M.; CONCANNON, M.; RIEBER, W. Life Cycle Inventories For The Production of Sodium Silicates. *International J. LCA*, v. 4, n. 4, p. 207-212, 1999.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos. – 1. ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

GARCIA, Danielly Borges. Metodologia de Avaliação de Sistemas Construtivos a Partir da Avaliação de Ciclo de Vida - Aplicação de um Sistema Estrutural em Aço. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

GOMES, K.C.; TORRES, S.M.; SILVA, Z.E.; BARBOSA, N.P.; LIMA FILHO, M.R.F. Alkaline Activation of Aluminum and Iron Rich Precursors. *Key Engineering Materials*, v. 600, p. 329-337, 2014.

GUINÉE, Jeroen. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

GUINÉE, Jeroen. Life Cycle Assessment: Na operational guide to the ISO Standards; LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2011.

GURSEL, A. Petek; MASANET, Eric; HOVARTH, Arpad; STADEL, Alex. Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. *Cement & Concrete Composites*, v. 51, p. 38-48, 2014.

HEEDE, Peter; DE BELIE, Nele. Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: Literature review and theoretical calculations. *Cement & Concrete Composites*, v. 34, p. 431-442, 2012.

HUMPHREYS, Ken; MAHASANAN, Maha. Toward a Sustainable Cement Industry. Substudy 8: Climate Change. World Business Council for Sustainable Development, 2002. Disponível em: <http://www.cement.ca/images/stories/wbcsd-batelle_2002_climate_change_-_substudy_8.pdf>. Acesso em fevereiro de 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/>>. Acesso em dezembro de 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Organization. 2015. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>>. Acesso em dezembro de 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework, Geneva, 2006.

_____. ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, Geneva, 2006.

INVIDIATA, Andrea; LIBRELOTTO, Lisiane; GUTHS, Saulo. Impacto Ambiental no Ciclo de Vida do alumínio na construção civil. In XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014.

JOHN, Vanderley; OLIVEIRA, Daniel.; LIMA, José. Levantamento do Estado da Arte: Seleção de materiais. In: Habitação Mais Sustentável. Projeto: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável, São Paulo, 2007.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis. – Porto Alegre: Bookman, 2010.

KIHARA, Yushiro; VISEDO, Gonzalo. A indústria do cimento e o desenvolvimento do Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/a-industria-do-cimento-e-o-desenvolvimento-do-brasil>>. Acesso em: dezembro de 2015.

MARCEAU, M. L., VANGEEM, M. G. Comparison of the Life Cycle Assessments of a Concrete Masonry House and a Wood Frame House, SN3042, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2008.

MEYER, Christopher. The greening of the concrete composites. *Cement & Concrete Composites*, v. 31, n.8, p. 601-605, 2009.

ONDOVA, M.; ESTOKOVA, A. Environmental Analysis of Materials Used for Building Foundation. *Chemical Engineering Transactions*, v. 39, p. 601-606, 2014.

_____; _____. Environmental impact assessment of building foundation in masonry family houses related to the total used building materials. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, doi:10.1002/ep.12307, 2016.

ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNERMANN, G. A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 1, p. 28-39, 2009.

PARAÍBA (Estado). Secretaria de Planejamento. Prefeitura Municipal de João Pessoa. Código de Urbanismo. João Pessoa, 2001. 210 p. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/codi_urba.pdf> Acesso em dezembro de 2015.

PORHINČÁK, M.; EŠTOKOVÁ, A. Environmental Profile of Building Materials of a Single Family House. Organization, technology and management in construction · an international journal, v. 3, n. 2, p. 348-353, 2011.

_____; _____. Evaluation of environmental performance of building materials - study of 3 residential houses in Slovak Republic. IN: CENTRAL EUROPE TOWARDS SUSTAINABLE BUILDING 2013...

ROCHETA, Vera; FARINHA, Fátima. Práticas de Projeto e Construtivas para a Construção Sustentável. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO, 3., 2007, Coimbra. Anais eletrônicos... Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007. Disponível em: <<http://www.altercexa.eu/test/images/archivos/2-ROCPra.pdf>>. Acesso em janeiro de 2016.

SANTI, Auxiliadora; SEVÁ FILHO, Arsênio. Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento; casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações. In II Congresso Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS, Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT06/santi_seva.pdf>. Acesso em fevereiro de 2016.

SEDLÁKOVÁ, A.; VILČEKOVÁ, S.; BURDOVÁ, E. K. Analysis of material solutions for design of construction details of foundation, wall and floor for energy and environmental impacts. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v.17, n.5, p.1323-1332, 2015.

SIMAPRO – Life cycle assessment software. 2015. Disponível em: <<https://network.simapro.com/pre/>>. Acesso em dezembro de 2015.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Relatório Anual 2010. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/relatorio2010-11_web.pdf>. Acesso em fevereiro de 2016.

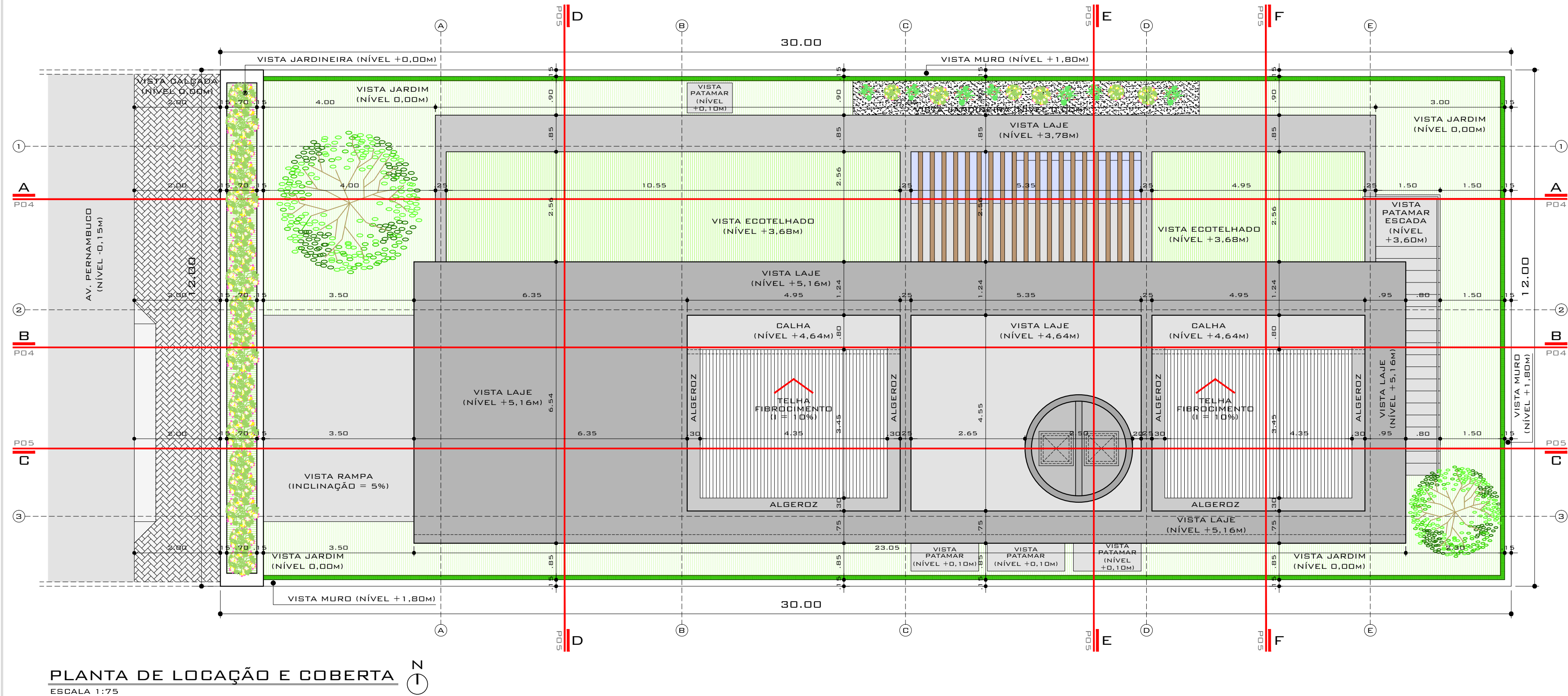
SOARES, Sebastião Roberto; PEREIRA, Sibeli Warmling; BREITENBACH, Francine Efigênia. Análise do Ciclo de Vida de produtos cerâmicos da indústria de construção civil. In XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.

TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. Construção Sustentável. O caso dos materiais de construção. In 3º Congresso Nacional de Construção, 2007.

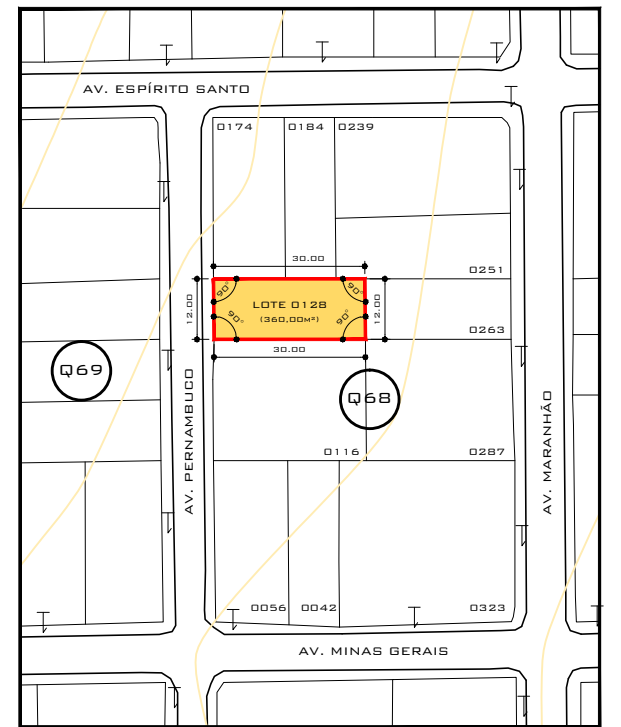
_____; _____. Ligantes Geopoliméricos. Uma alternativa ao cimento Portland? *Revista Ingenium*, nº 114, p. 66-68, 2009.

WEIL, Marcel; DOMBROWSKI, Katja; BUCHWALD, Anja. Life-cycle analysis of geopolymers. *Geopolymers, Structure, Processing, Properties and Applications*. 4 ed., Cambridge, UK, p. 194-210, 2009

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. The Cement Sustainable Initiative: 10 years of progress – moving onto the next decade. Switzerland, 2012. Disponível em: <<http://csiprogress2012.org/>>. Acesso em fevereiro de 2016.



QUADRO DE ÁREAS GERAL	
ÁREA DO TERRENO	360,00m²
ÁREA DA COBERTA	211,56m²
ÁREA TÉRREO	172,40m²
ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA	172,40m²
TAXA DE OCUPAÇÃO	47,88%
ÍNDICE DE APROVEITAMENTO	0,47
ÁREA PERMEÁVEL	117,13m²



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO
RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO
KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

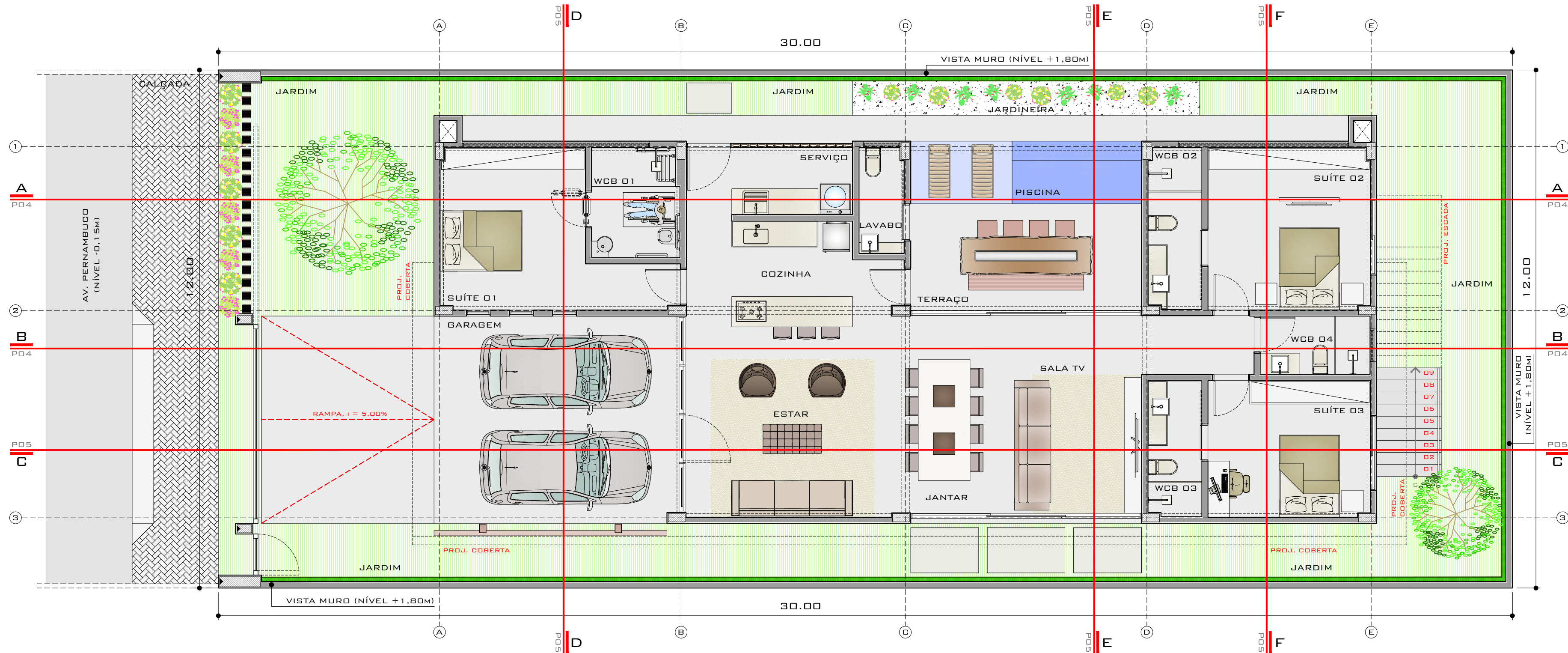
CASA
ECOEFFICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00m²	111,33m² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92m²	49,97m²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

ESCALA 1:75
DESENHO PLANTA DE COBERTA

01 13
PRANCHA



PLANTA BAIXA (NÍVEL +0,20M)
ESCALA 1:75

QUADRO DE ÁREAS AMBIENTES

GARAGEM	27,19M²
SUÍTE 01 / HOME OFFICE	15,08M²
WCB 01	5,31M²
COZINHA	10,03M²
ÁREA DE SERVIÇO	6,62M²
ESTAR / JANTAR / TV	48,83M²
TERRAÇO	13,21M²
LAVABO	2,64M²
SUÍTE 02	14,26M²
WCB 02	4,74M²
SUÍTE 03	12,00M²
WCB 03	4,00M²
WCB 04	3,56M²



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

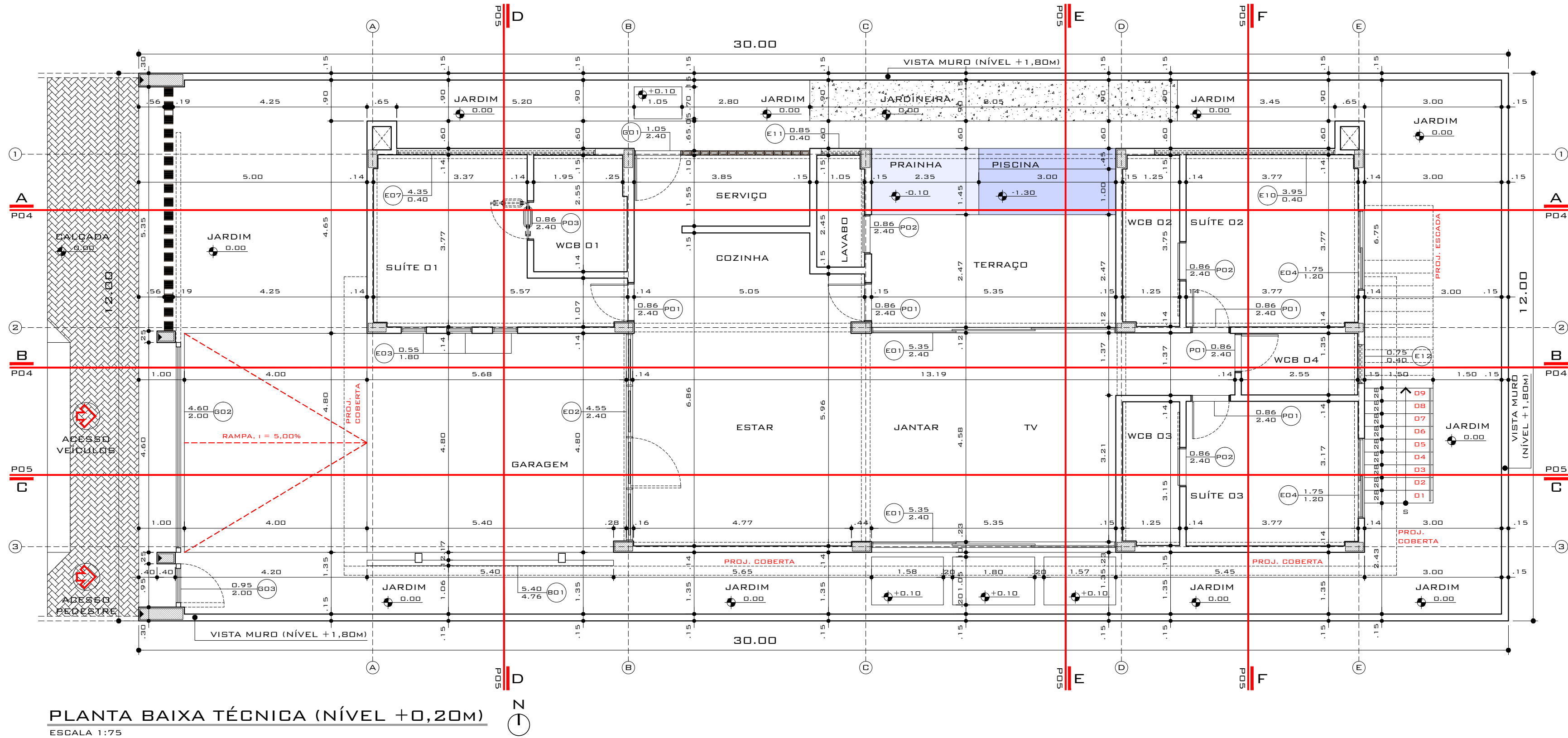
CASA
ECOEICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M²	111,33M² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92M²	49,97M²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

ESCALA 1:75
DESENHO PLANTA BAIXA (LAYOUT)

02 13
PRANCHA



QUADRO DE ESQUADRIAS

CÓDIGO	DIMENSÕES			ESPECIFICAÇÃO
	ALTURA	LARGURA	PEITORIL	
E01	2,60M	5,35M	-	ESQUADRIA DE CORRER EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 12cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=10mm)
E02	2,60M	4,55M	-	ESQUADRIA FIXA/GIRO EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 14cm x 03cm E TABIQUES MÓVEIS (SEÇÃO 10cm x 03cm)
E03	2,00M	0,55M	0,60M	ESQUADRIA FIXA PIVOTANTE E BANDEIRA PIVOTANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=10mm)
E04	1,40M	1,75M	1,20M	ESQUADRIA FIXA DE CORRER E BANDEIRA PIVOTANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=10mm)
E05	0,40M	5,35M	-	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E06	0,40M	4,75M	-	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E07	0,40M	4,35M	2,00M	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E08	0,40M	4,56M	-	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E09	0,40M	4,55M	-	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E10	0,40M	3,95M	2,00M	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E11	0,40M	0,85M	2,00M	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
E12	0,40M	0,75M	2,00M	ESQUADRIA FIXA BASCULANTE EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 03cm E VIDRO TEMPERADO BRONZE (E=6mm)
P01	2,60M	0,86M	-	PORTA DE GIRO EM MADEIRA JATOBÁ COM BANDEIRA PIVOTANTE. ACABAMENTO ACETINADO FOSCO NATURAL.
P02	2,60M	0,86M	-	PORTA DE CORRER EM MADEIRA JATOBÁ COM BANDEIRA PIVOTANTE. ACABAMENTO ACETINADO FOSCO NATURAL.
P03	2,60M	0,86M	-	PORTA DE GIRO EM MADEIRA JATOBÁ COM BANDEIRA PIVOTANTE. ACABAMENTO ACETINADO FOSCO NATURAL.
G01	2,60M	1,05M	-	GRADIL DE GIRO EM ALUMÍNIO ANODIZADO CINZA. MOLDEURA EM SEÇÃO DE 05cm x 03cm.
G02	2,10M	4,60M	-	PORTÃO MOTORIZADO DE CORRER EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 10cm. ACABAMENTO ACETINADO NATURAL FOSCO.
G03	2,10M	0,95M	-	PORTÃO DE GIRO EM MADEIRA JATOBÁ: MOLDEURA SEÇÃO 10cm x 10cm. ACABAMENTO ACETINADO NATURAL FOSCO.
B01	4,76M	5,40M	-	BRISE HORIZONTAL EM MADEIRA JATOBÁ. ESTRUTURA SEÇÃO 15cm x 20cm E RIPAS FIXAS DE SEÇÃO 5,40m x 0,12m x 0,03m.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO
RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO
KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

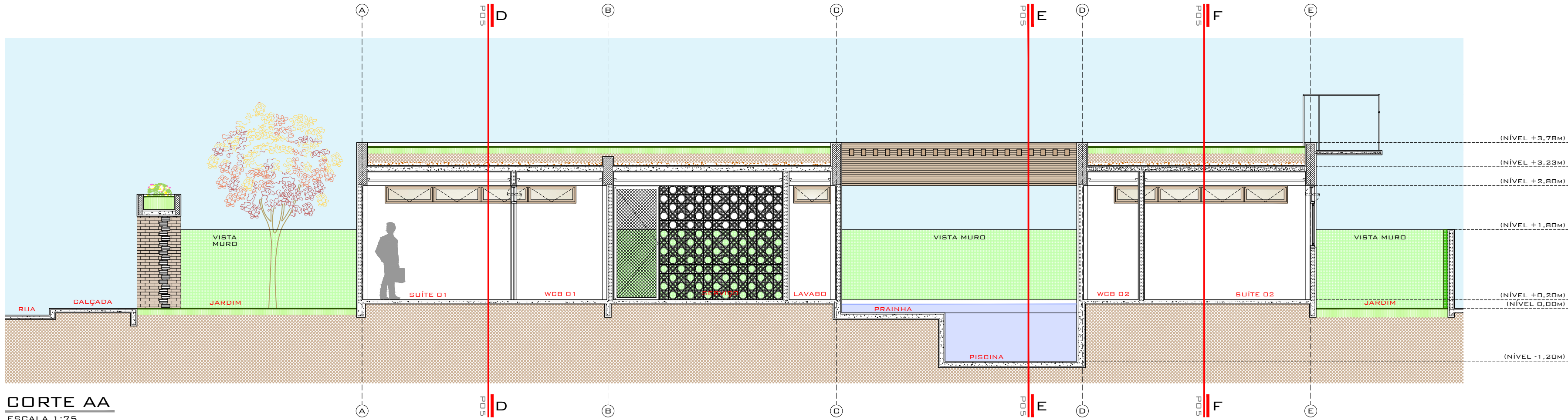
CASA
ECOEICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M²
ÁREA DO TERRENO
111,33M² (30,92%)
ÁREA PERMEÁVEL
0,49
ÍND. APROVEITAMENTO
179,92M²
ÁREA CONSTRUÍDA
49,97M²
TAXA DE OCUPAÇÃO

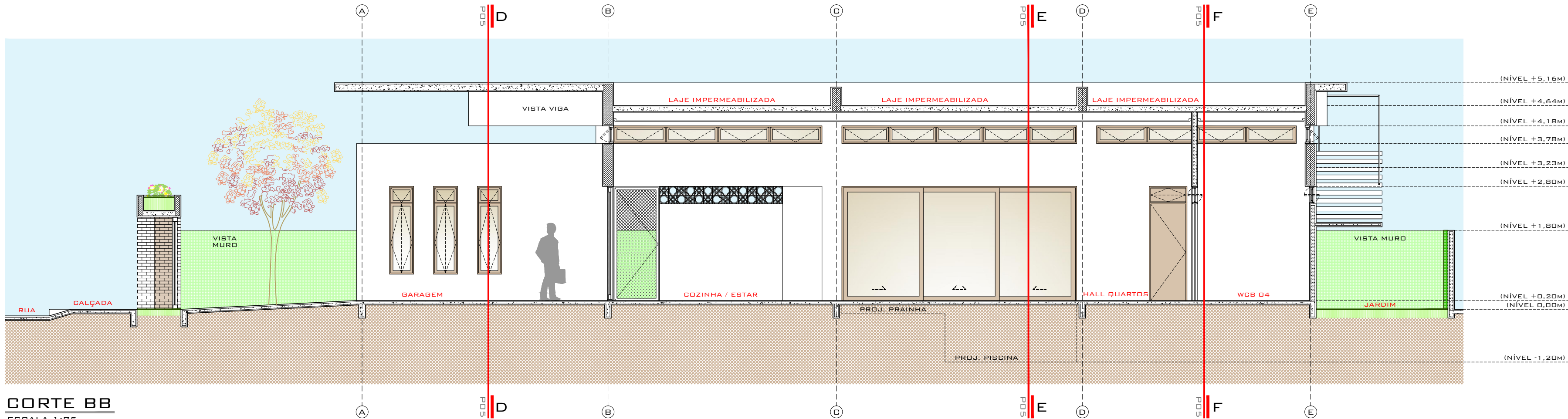
15
SETOR
68
QUADRA
0128
LOTE

ESCALA
1:75
DESENHO
PLANTA BAIXA (TÉCNICA)

03
PRANCHA
13



CORTE AA
ESCALA 1:75



CORTE BB
ESCALA 1:75



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

**CASA
ECOEICIENTE**
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

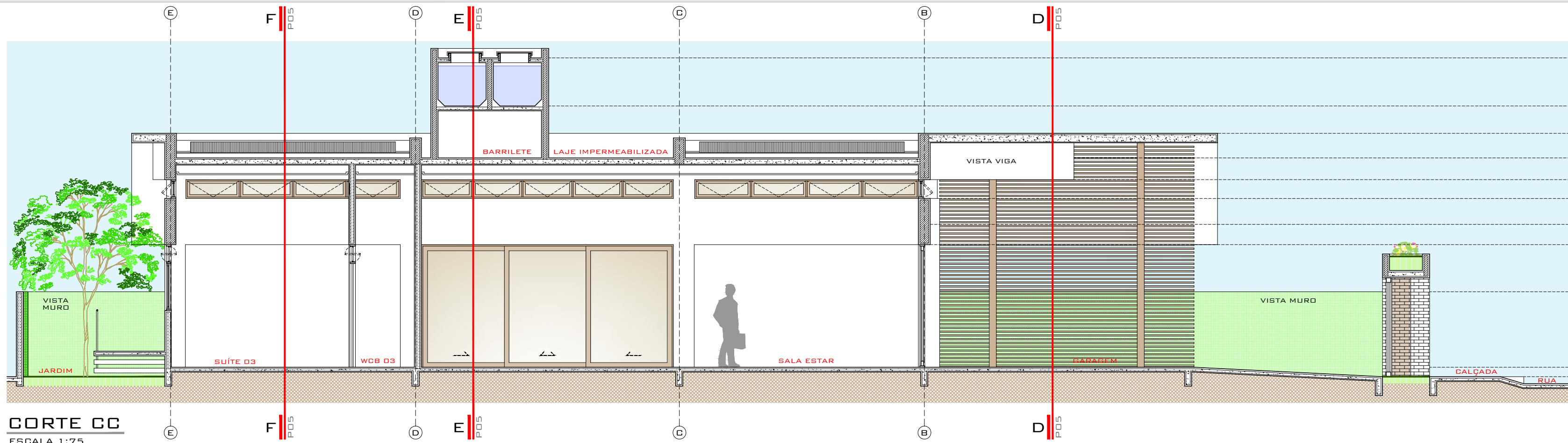
360,00m²	111,33m² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92m²	49,97m²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

15	68	0128
SETOR	QUADRA	LOTE

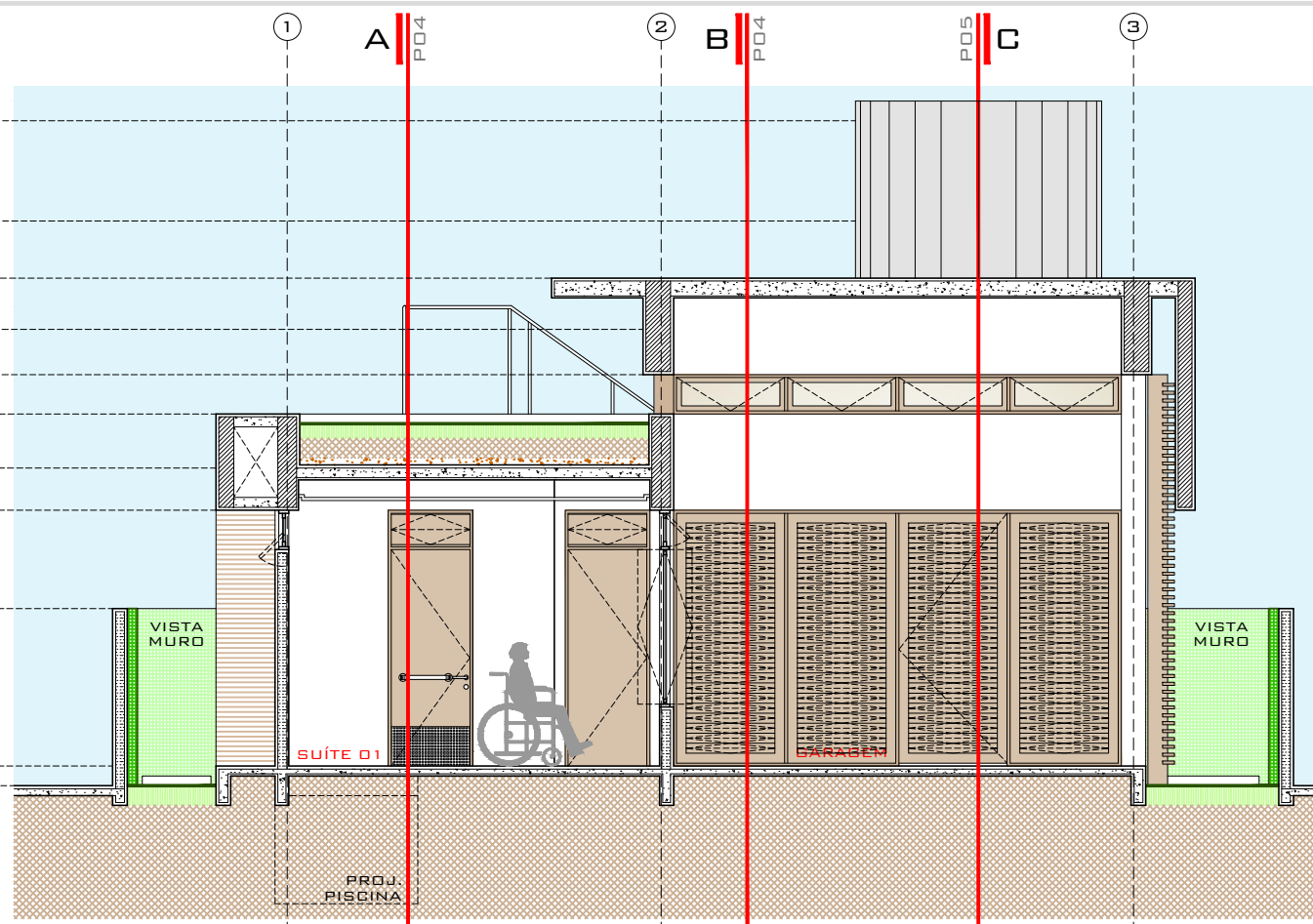
ESCALA
1:75
1:75

DESENHO
CORTE AA
CORTE BB

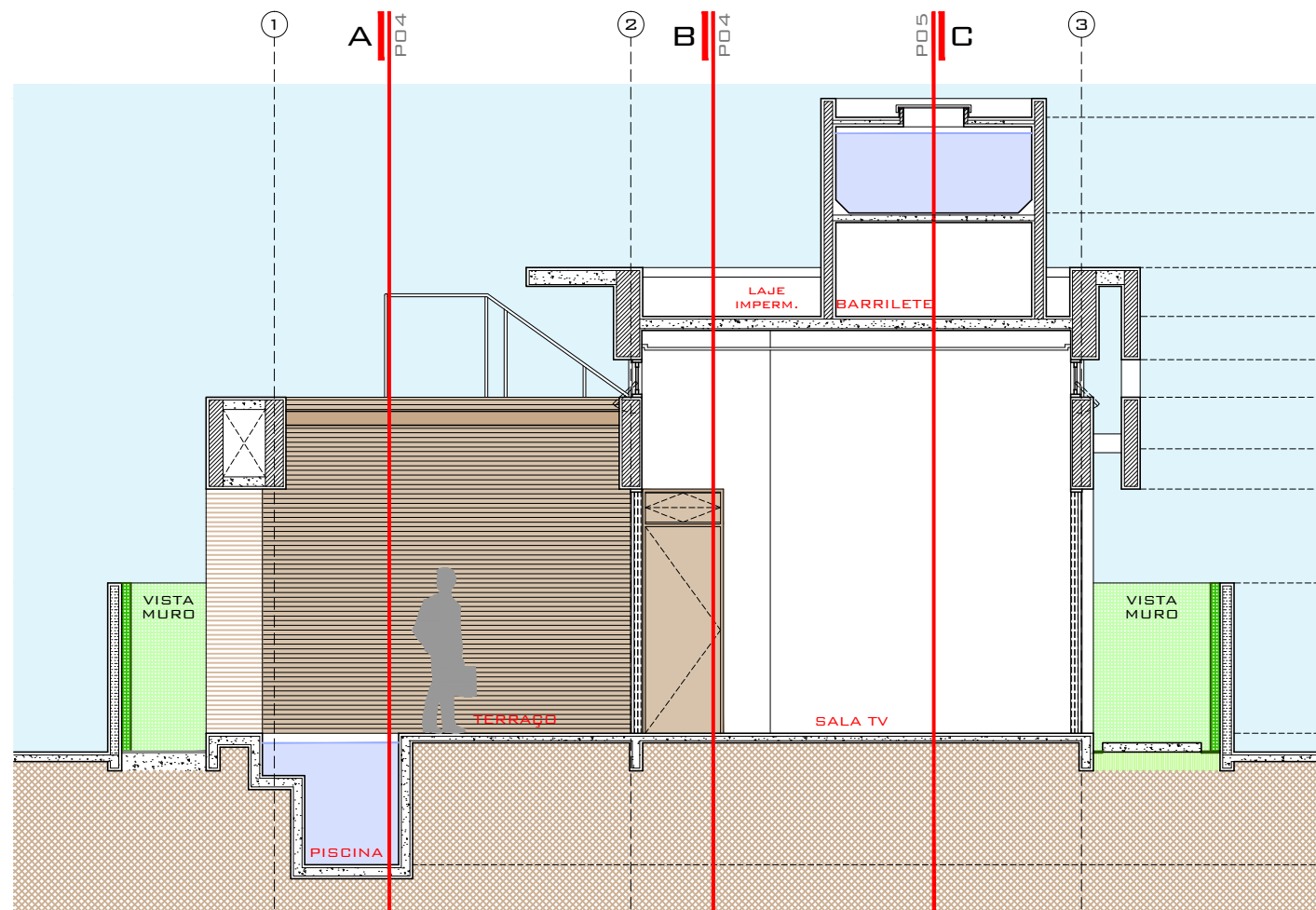
04 | 13
PRANCHA



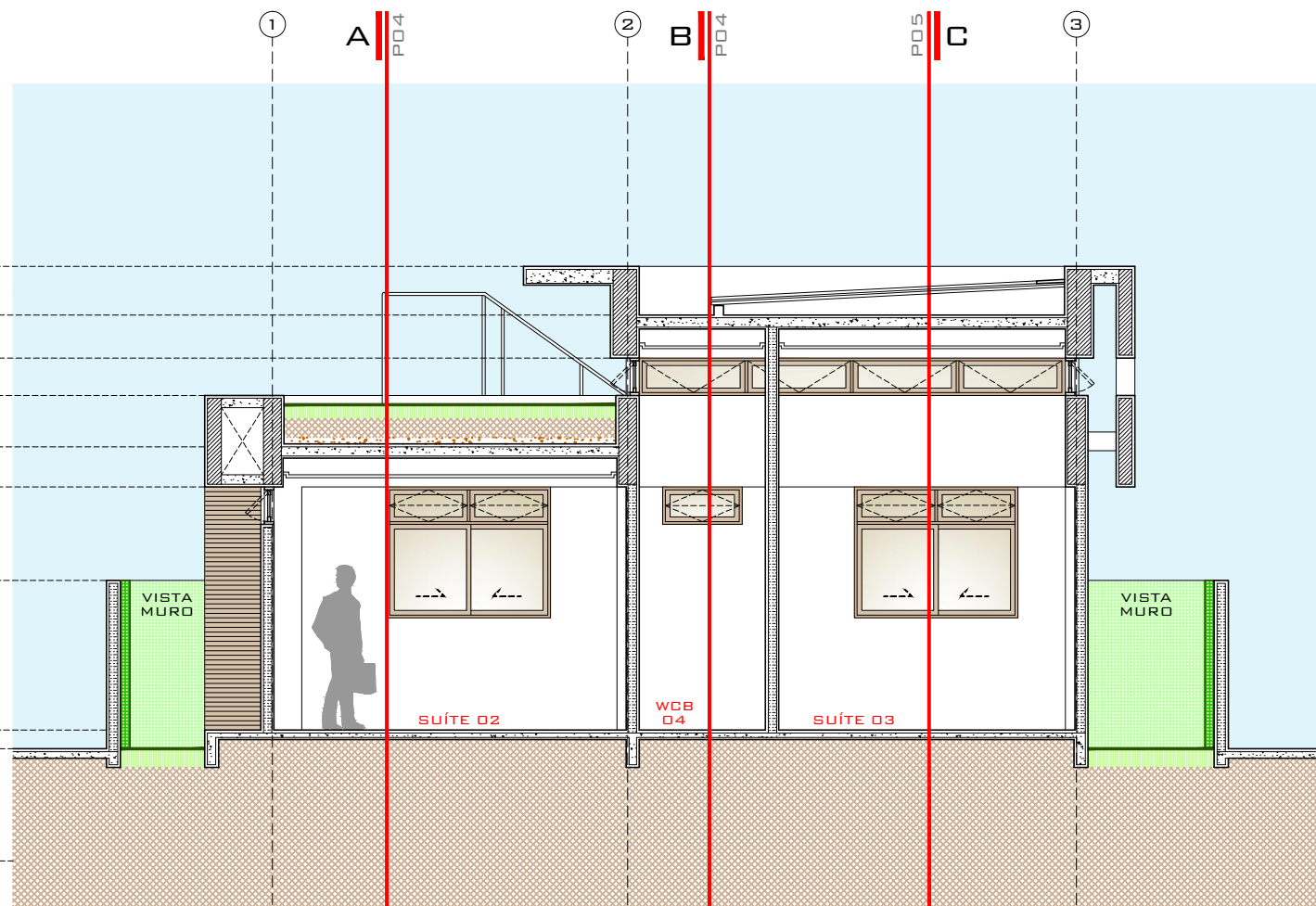
CORTE CC
ESCALA 1:75



CORTE DD
ESCALA 1:75



CORTE EE
ESCALA 1:75



CORTE FF
ESCALA 1:75



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

360,00m² 111,33m² (30,92%) 0,49
ÁREA DO TERRENO ÁREA PERMEÁVEL ÍND. APROVEITAMENTO

179,92m² 49,97m²
ÁREA CONSTRUÍDA TAXA DE OCUPAÇÃO

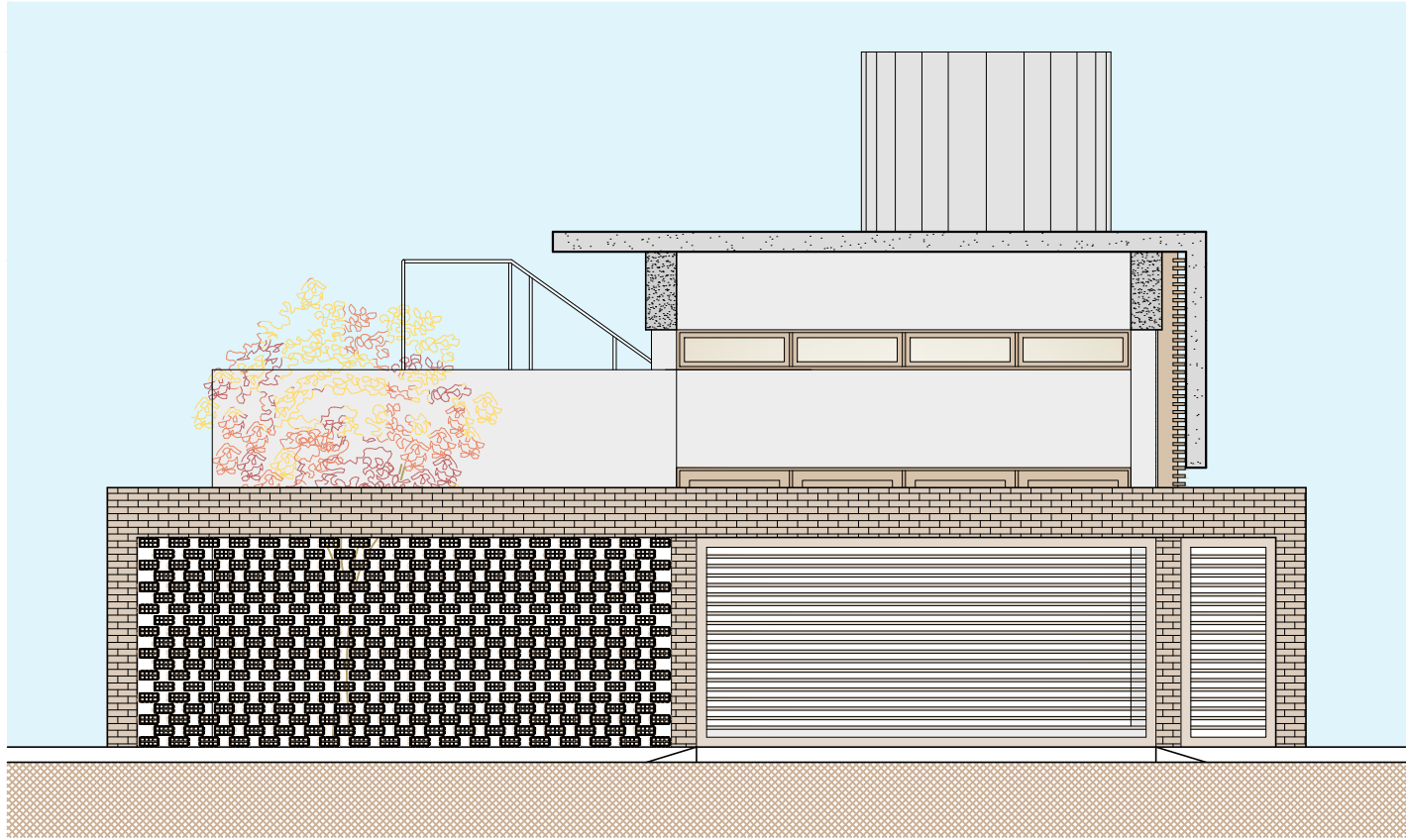
ESCALA DESENHO
1:75 CORTE CC
1:75 CORTE DD
1:75 CORTE EE
1:75 CORTE FF

CASA
ECOEICIENTE

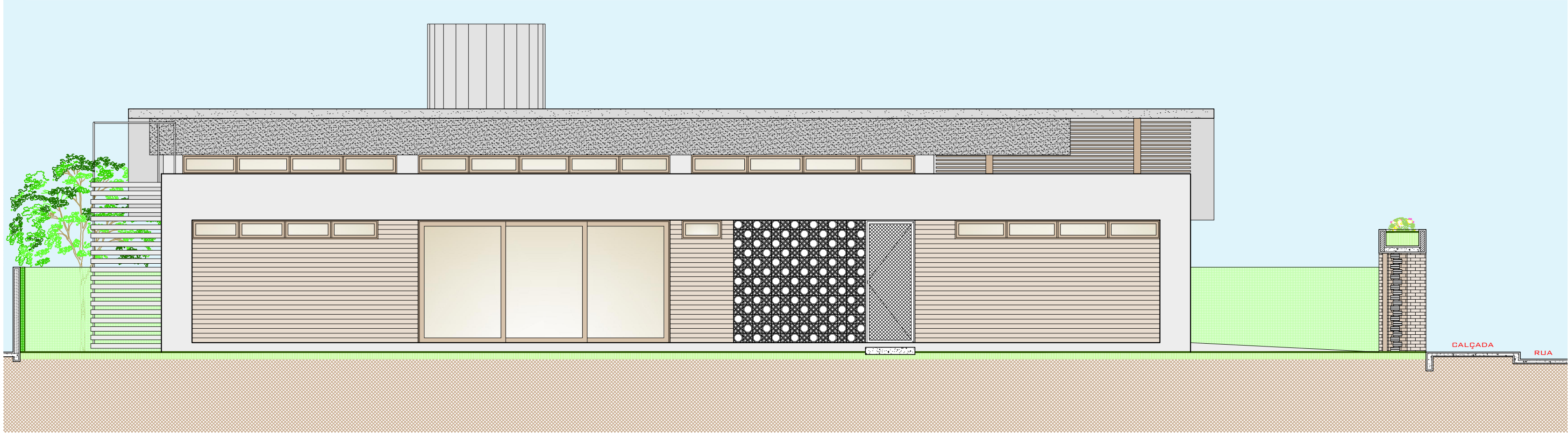
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

05 13
PRANCHA



FACHADA OESTE
ESCALA 1:75



FACHADA NORTE
ESCALA 1:75



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

CASA
ECOEICIENTE

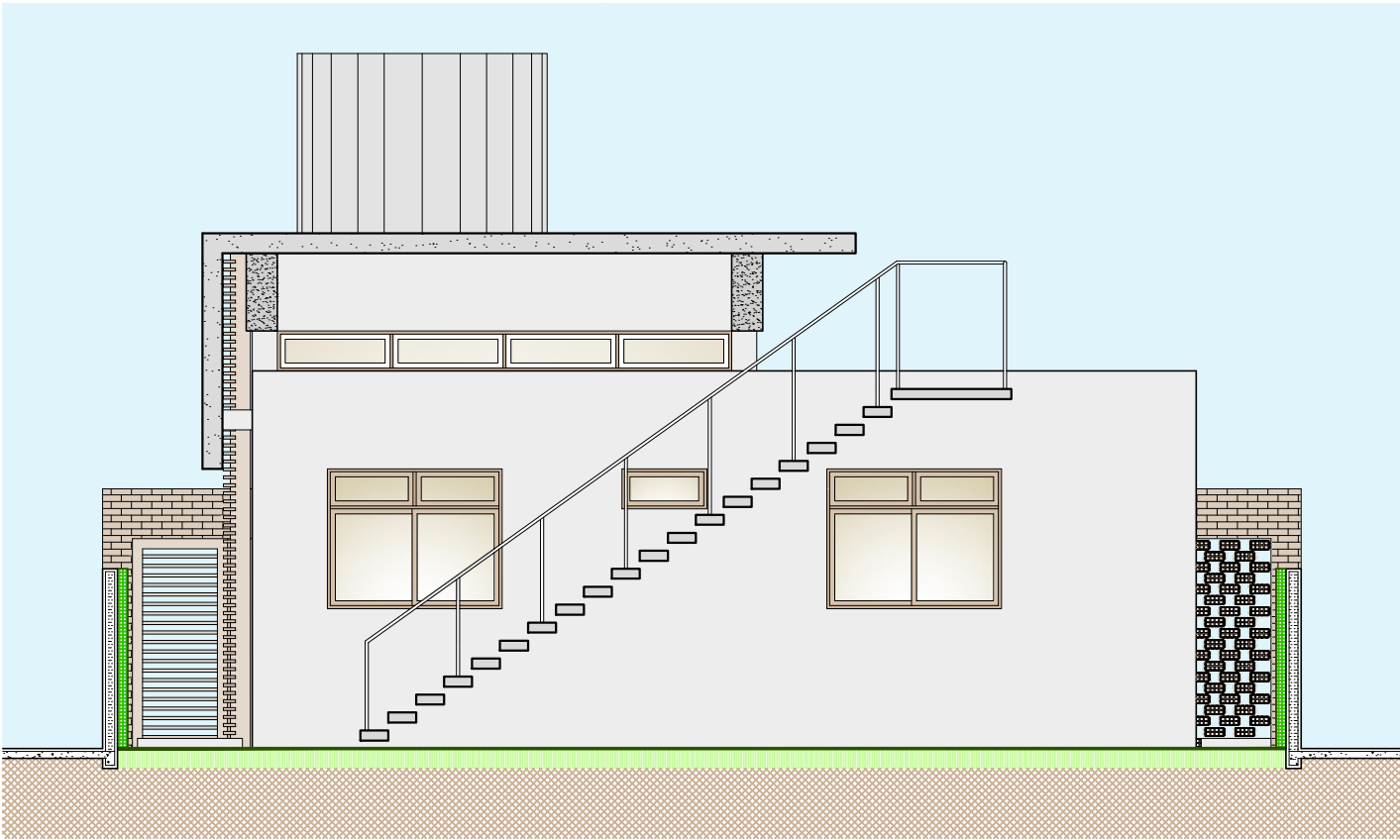
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M ²	111,33M ² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92M ²	49,97M ²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

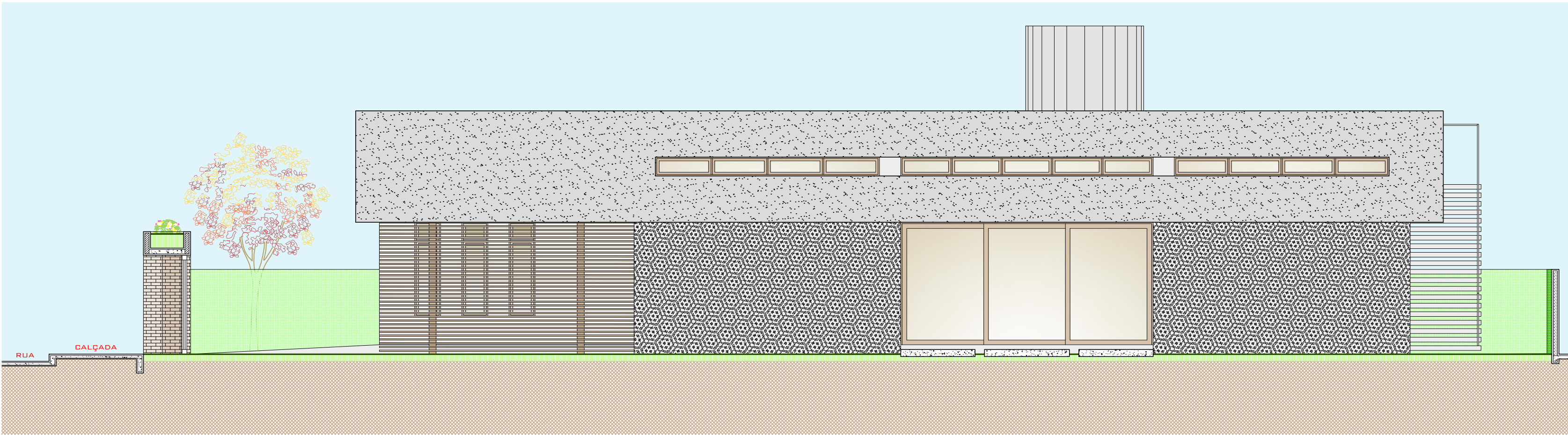
15	68	0128
SETOR	QUADRA	LOTE

ESCALA	DESENHO
1:75	FACHADA OESTE
1:75	FACHADA NORTE

06 | 13
PRANCHA



FACHADA LESTE
ESCALA 1:75



FACHADA SUL
ESCALA 1:75



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

CASA
ECOEICIENTE

PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M² 111,33M² (30,92%) 0,49
ÁREA DO TERRENO ÁREA PERMEÁVEL ÍND. APROVEITAMENTO

179,92M² 49,97M²
ÁREA CONSTRUÍDA TAXA DE OCUPAÇÃO

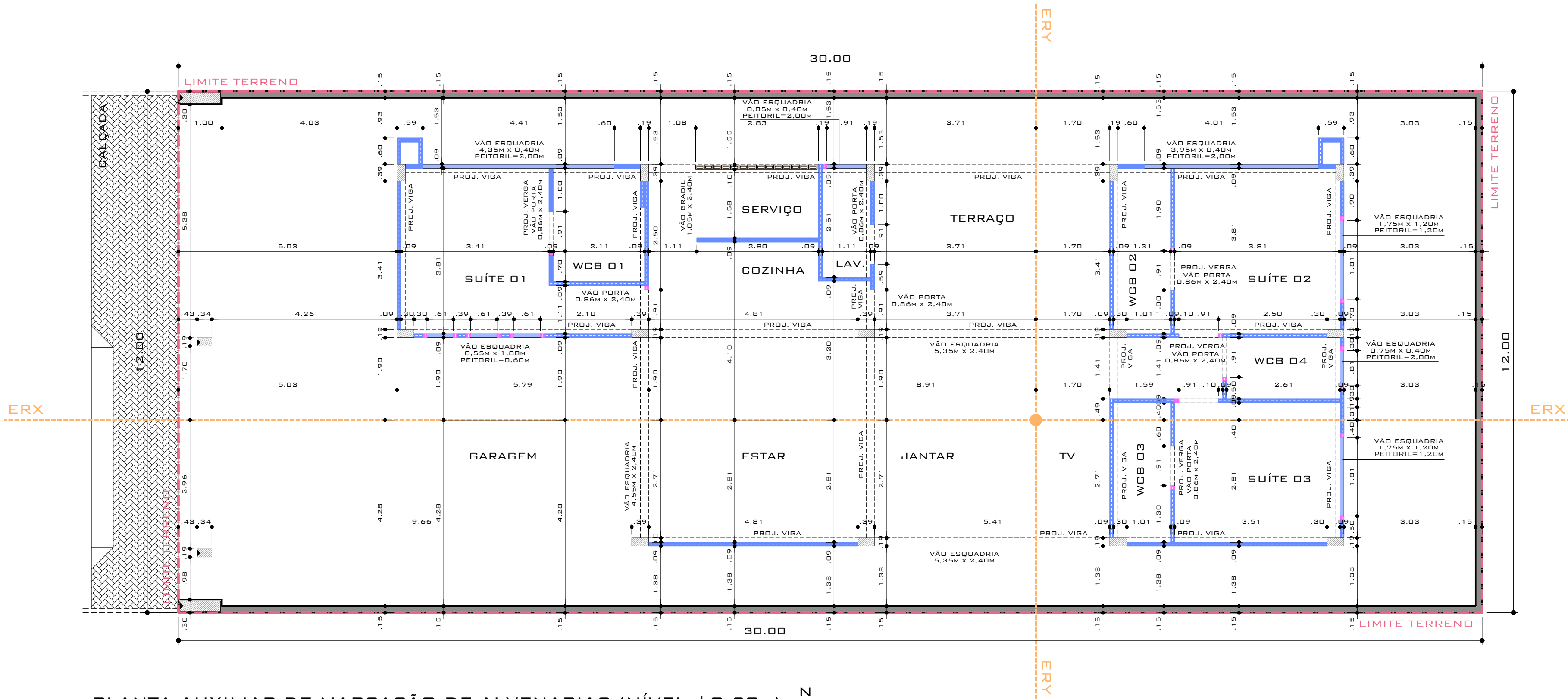
15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

ESCALA 1:75
1:75

DESENHO
FACHADA LESTE
FACHADA SUL

07 13

PRANCHA

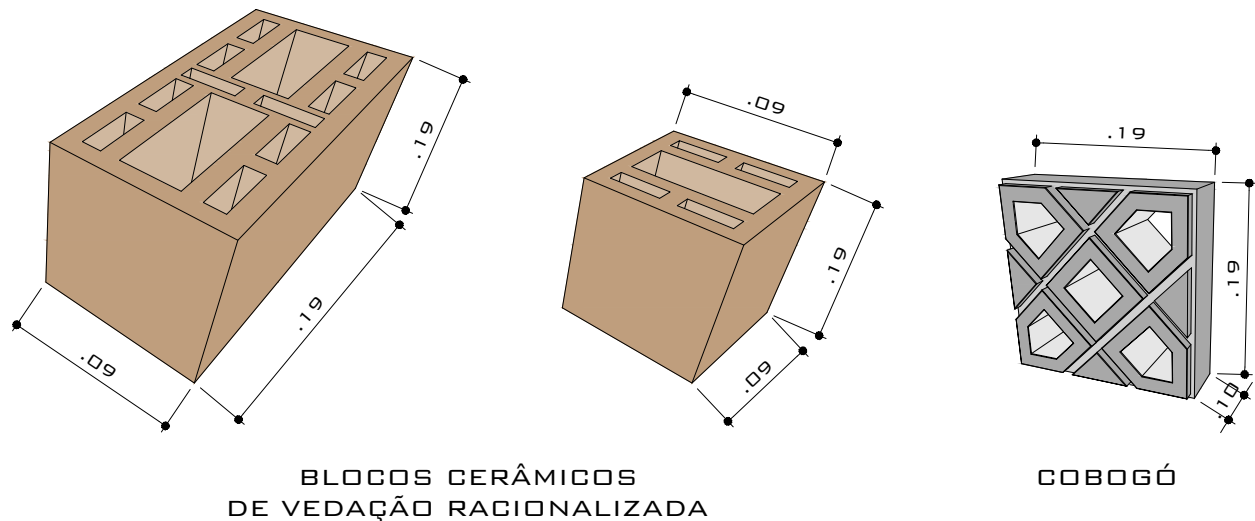


PLANTA AUXILIAR DE MARCAÇÃO DE ALVENARIAS (NÍVEL +0,20M)
ESCALA 1:75



LEGENDA DE ALVENARIAS

	BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO RACIONALIZADO, 09cm x 19cm x 19cm
	BLOCO COMPENSADOR CERÂMICO DE VEDAÇÃO RACIONALIZADO, 09cm x 19cm x 09cm
	COBOGÓ, 10cm x 19cm x 19cm
	PEITORIL / MURETA COM BLOCO CERÂMICO DE 09cm. (VER ALTURA ESPECIFICADA EM PLANTAS)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

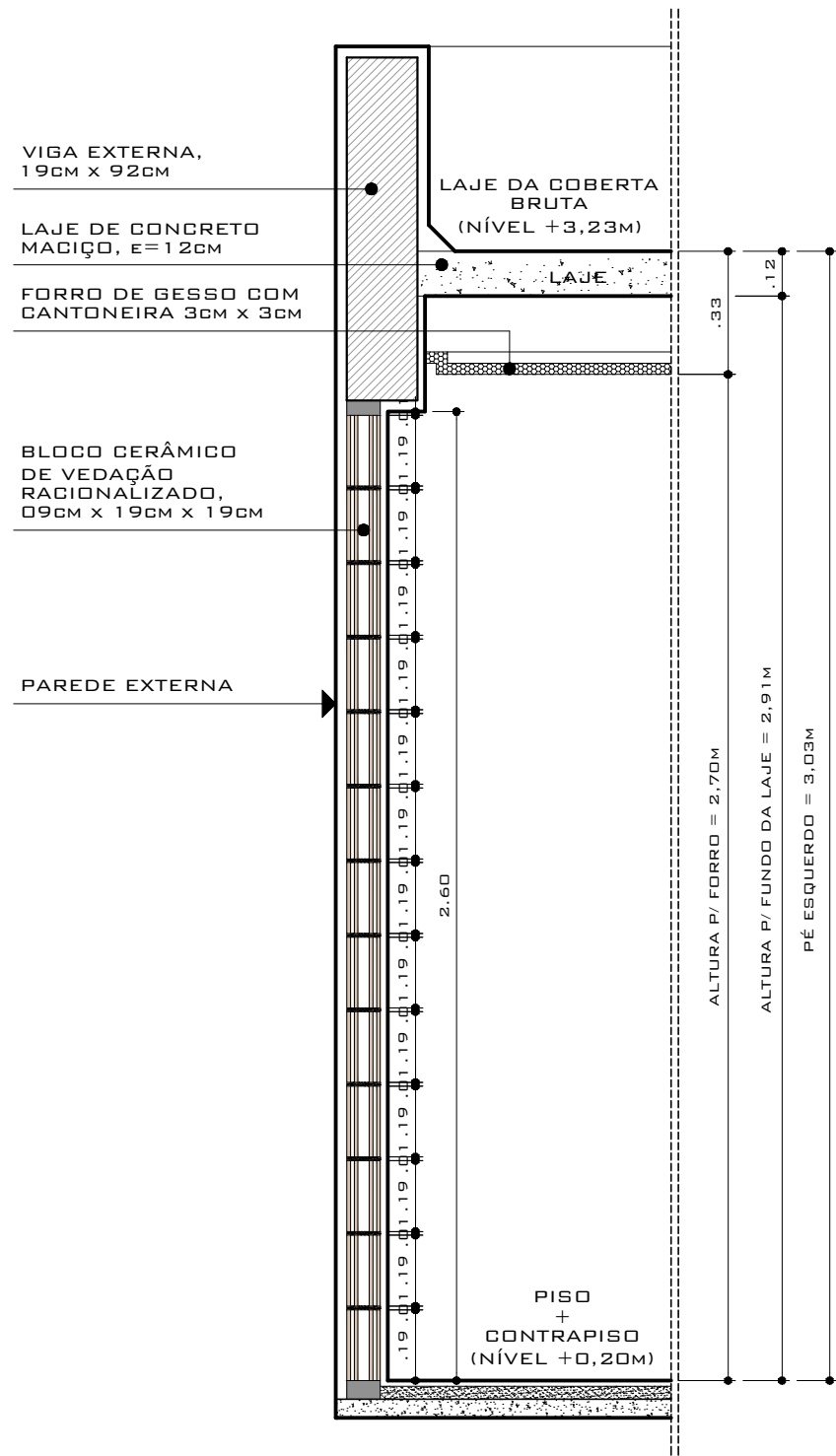
CASA
ECOEICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M²	111,33M² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92M²	49,97M²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

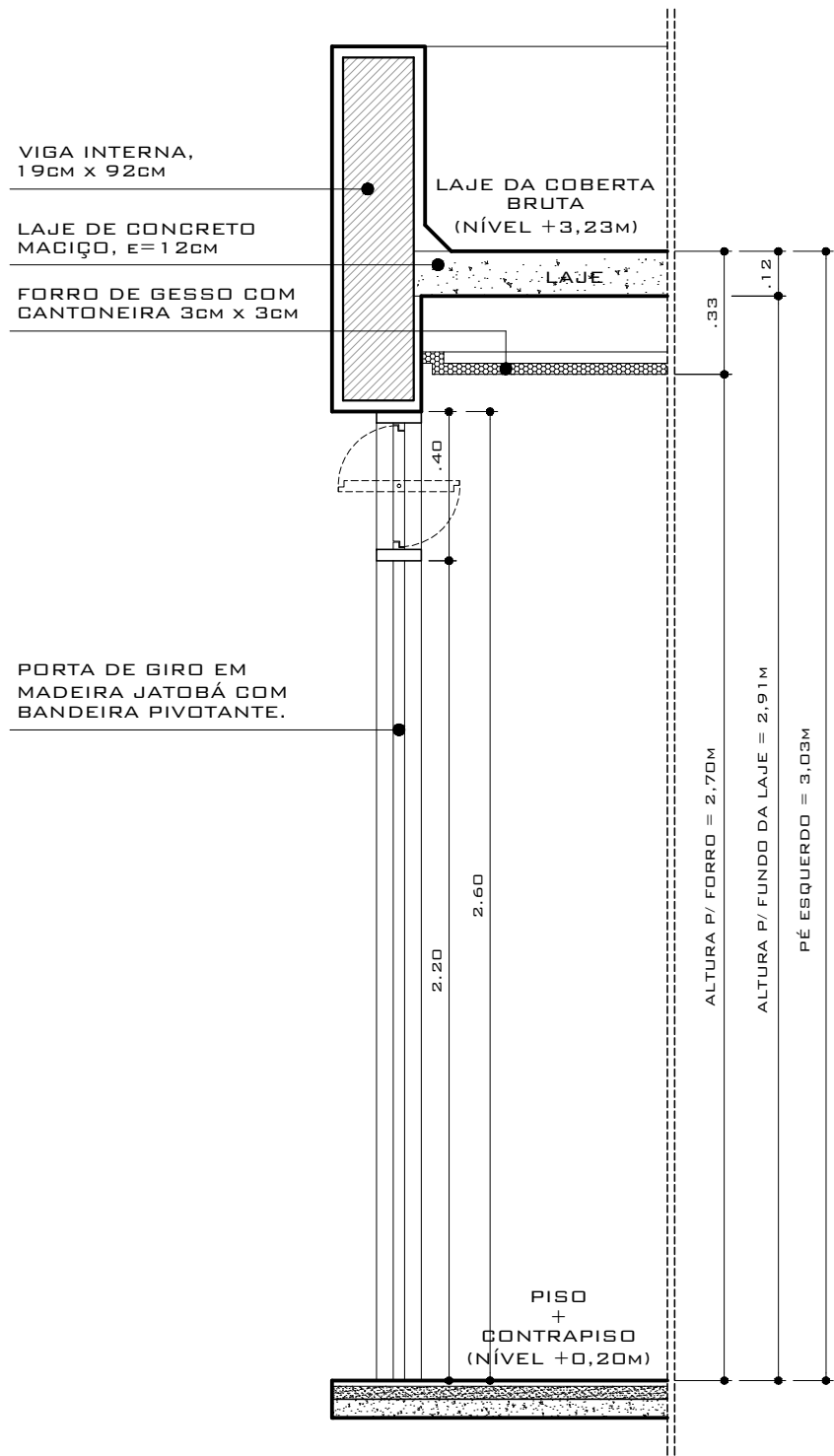
15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

ESCALA 1:75
DESENHO PLANTA AUXILIAR DE MARCAÇÃO DE ALVENARIA

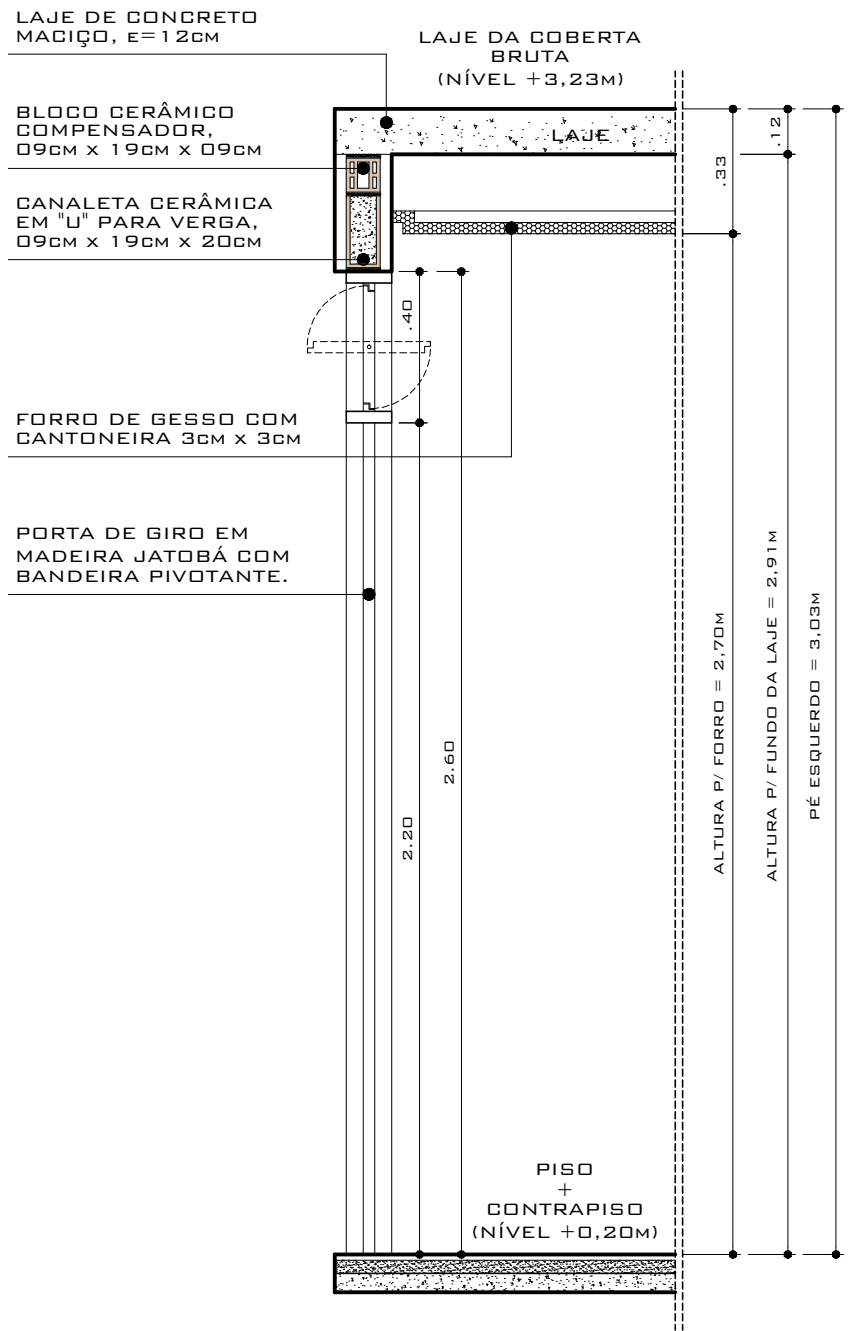
08 13
PRANCHA



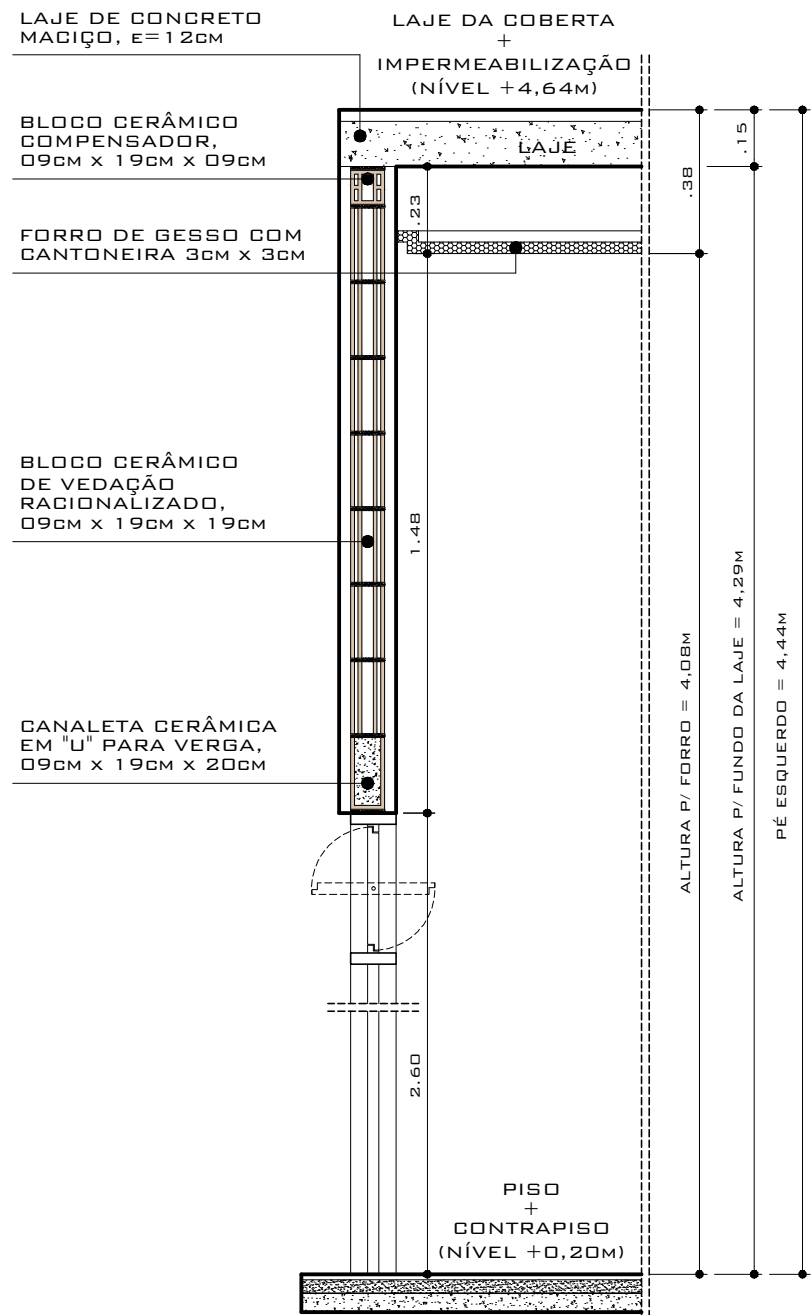
PAREDES EXTERNAS
ESCALA 1:20



PORTAS INTERNAS
ESCALA 1:20



PORTAS INTERNAS
ESCALA 1:20



PORTAS INTERNAS
ESCALA 1:20

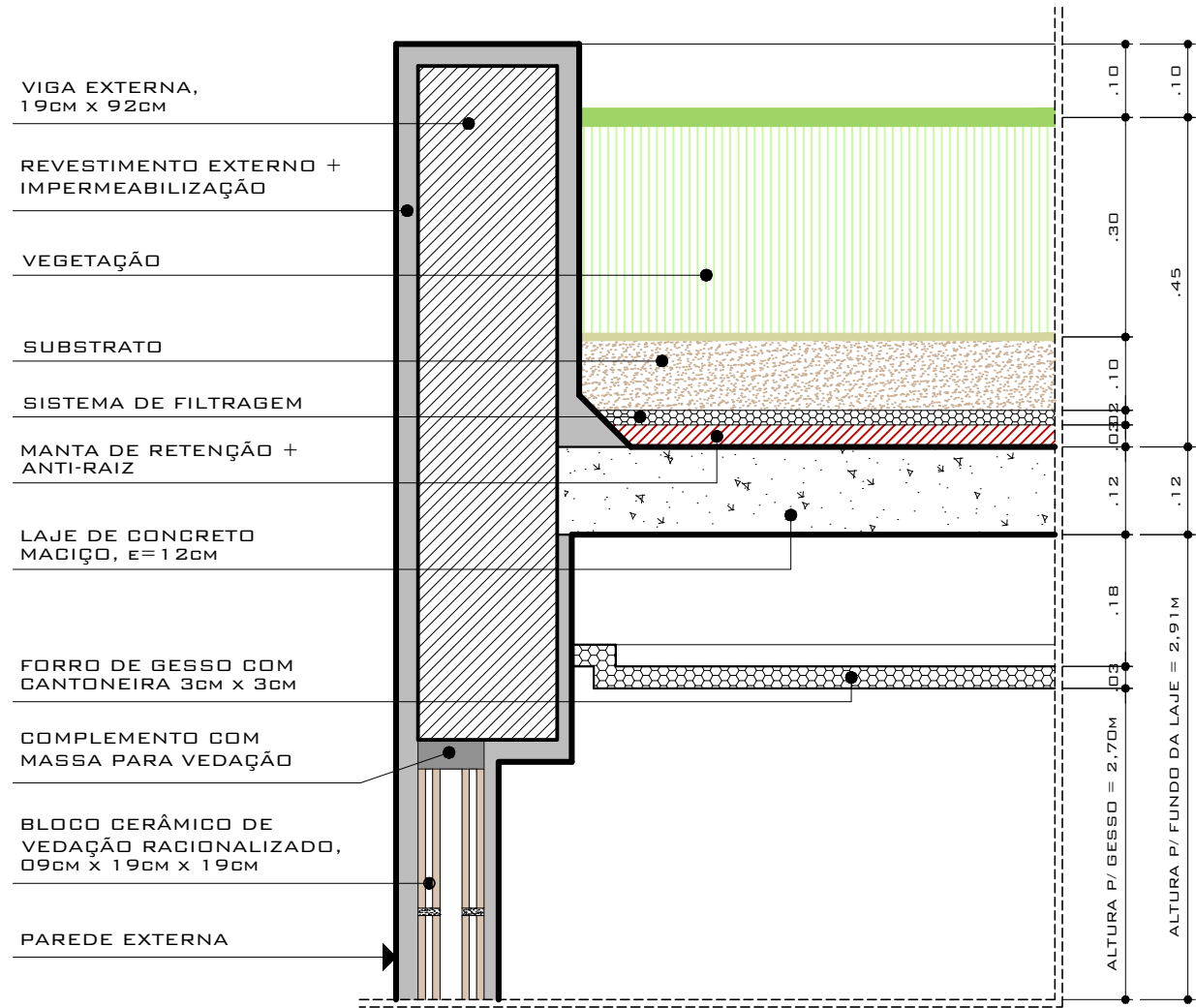


DIAGRAMA TELHADO VIVO
ESCALA 1:10



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES

ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

CASA
ECOEICIENTE

PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

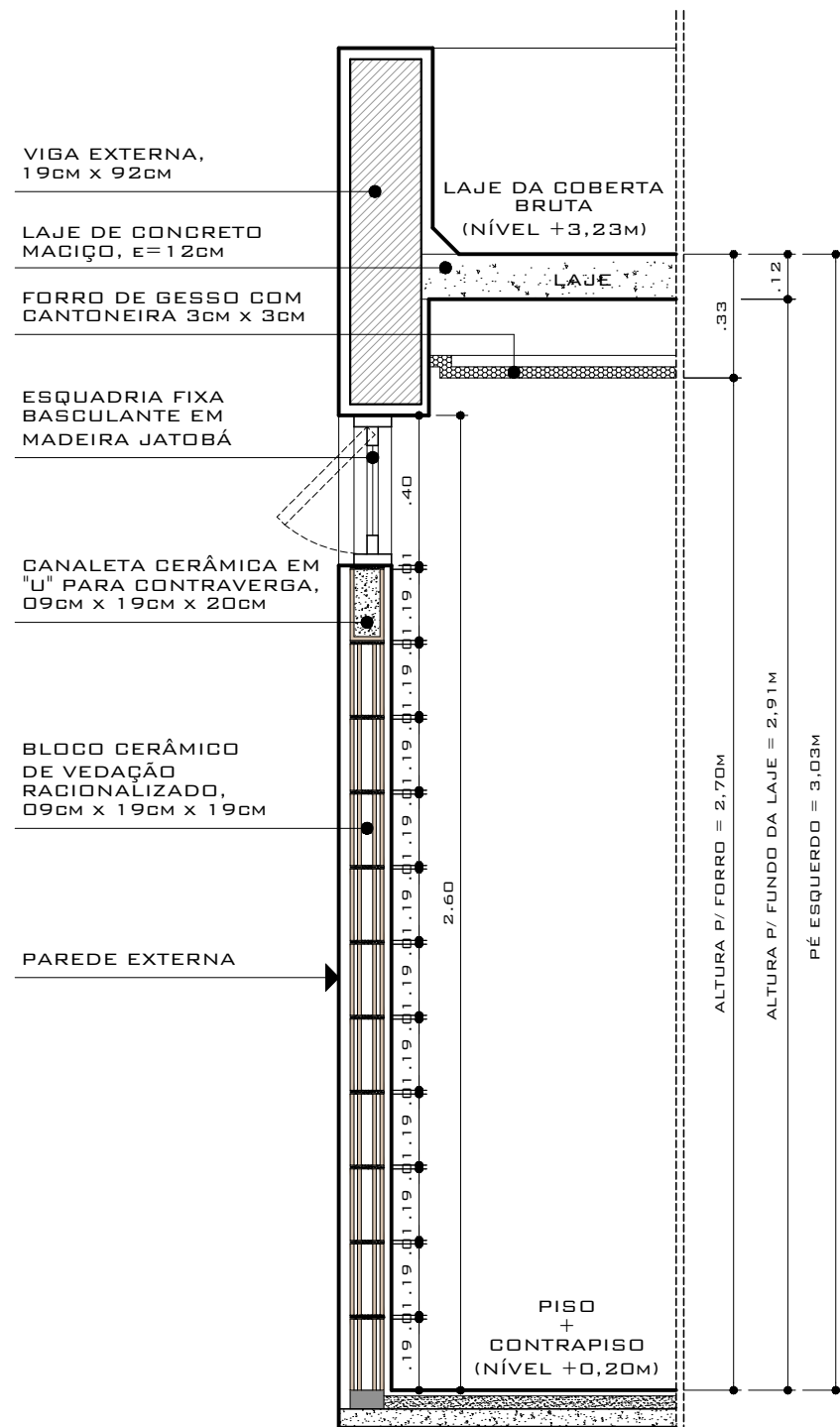
360,00m² 111,33m² (30,92%) 0,49
ÁREA DO TERRENO ÁREA PERMEÁVEL ÍND. APROVEITAMENTO

179,92m² 49,97m²
ÁREA CONSTRUÍDA TAXA DE OCUPAÇÃO

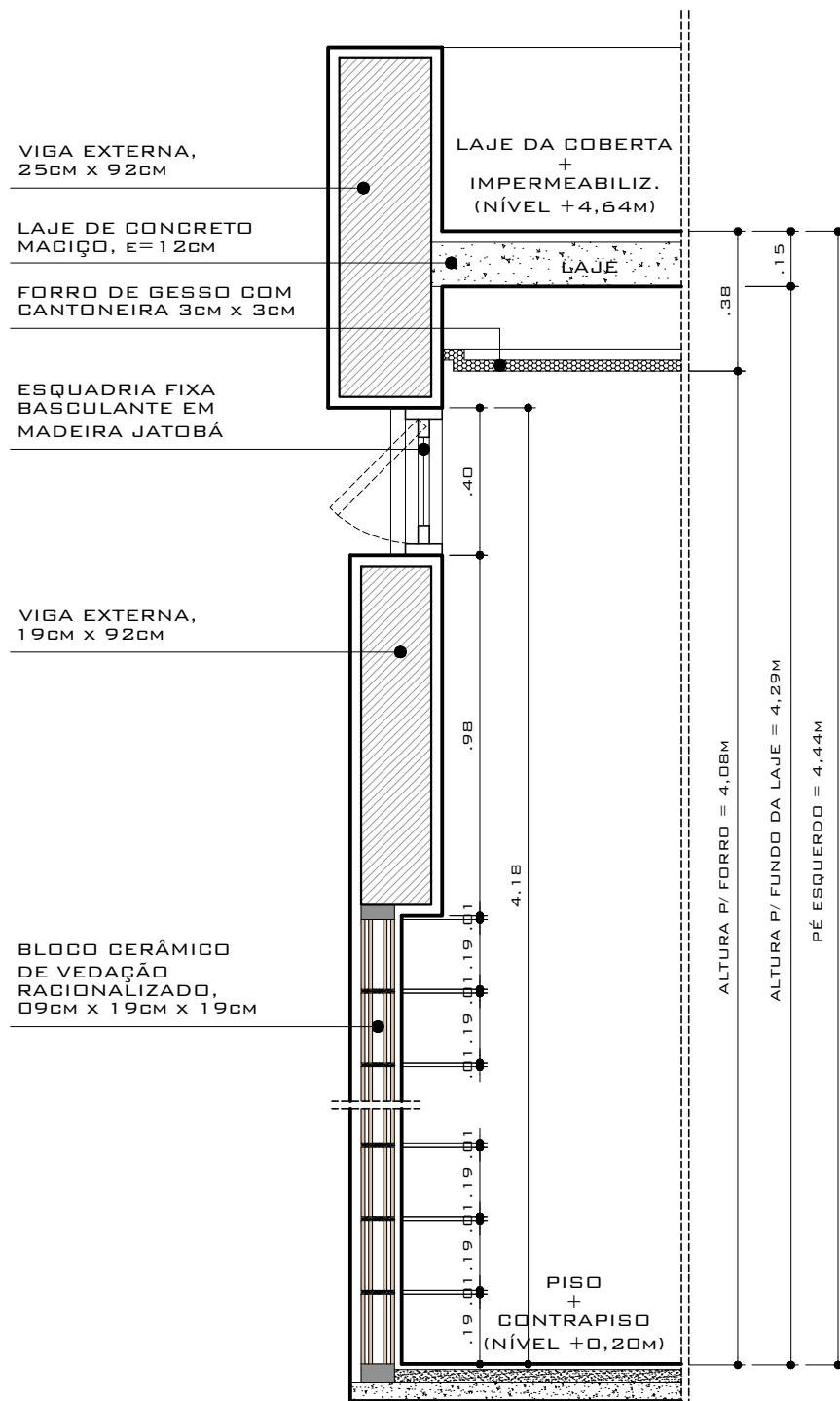
15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

ESCALA 1:20 1:10
DESENHO GABARITO PADRÃO
DIAGRAMA TELHADO VIVO

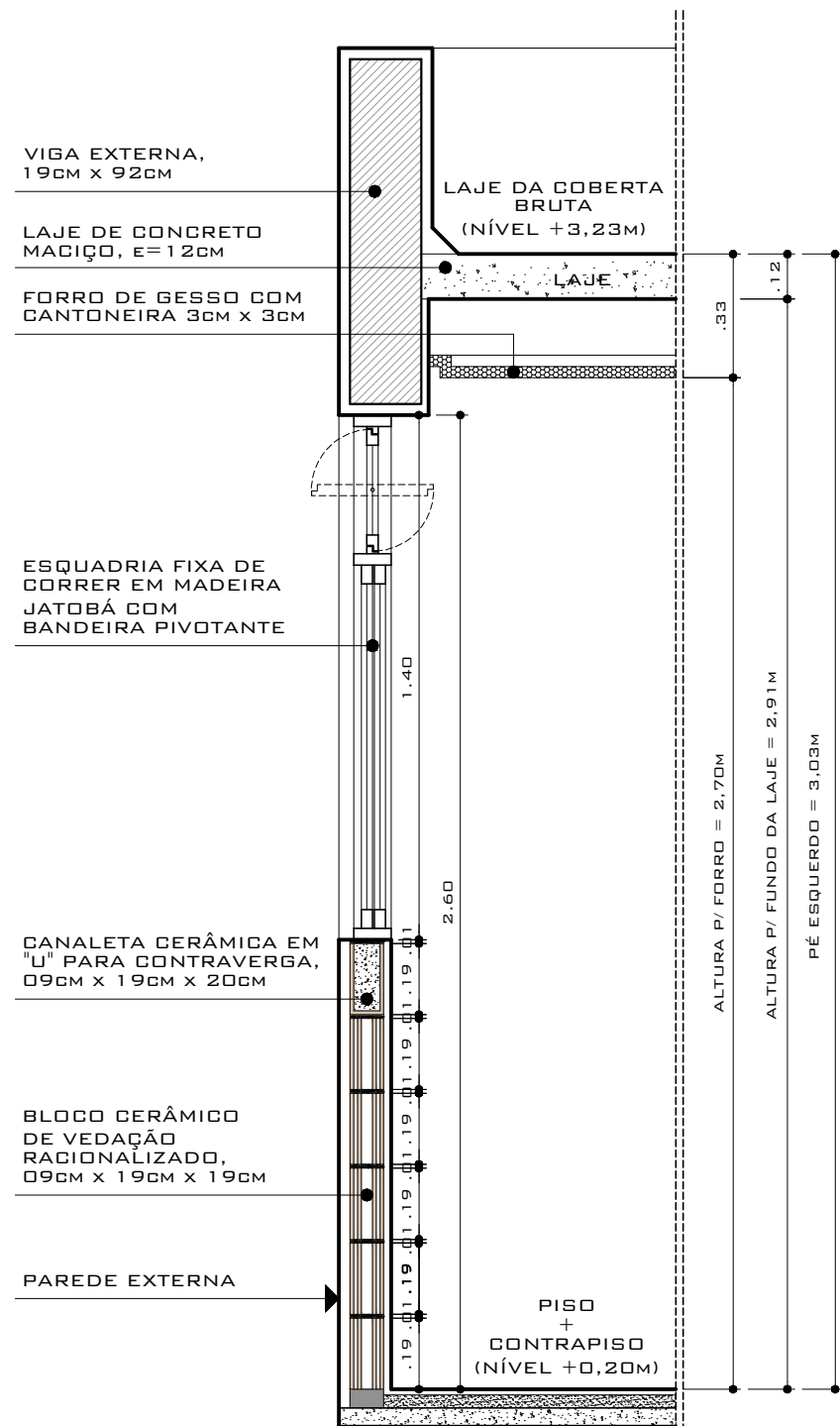
09 13
PRANCHA



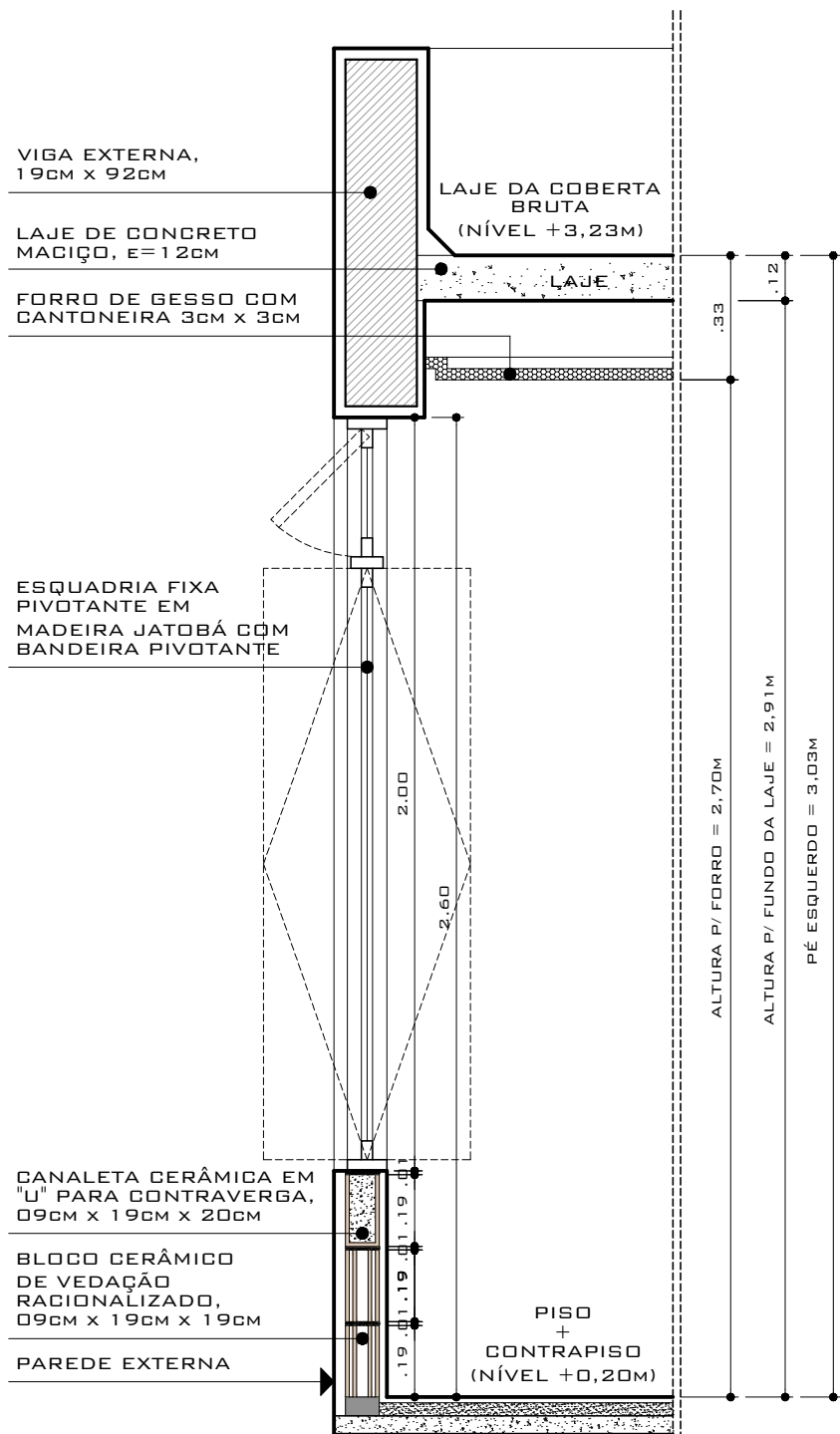
ESQUADRIAS ALTAS
ESCALA 1:20



ESQUADRIAS ALTAS
ESCALA 1:20



ESQUADRIAS MÉDIAS
ESCALA 1:20



ESQUADRIAS BAIXAS
ESCALA 1:20



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

CASA
ECOEICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

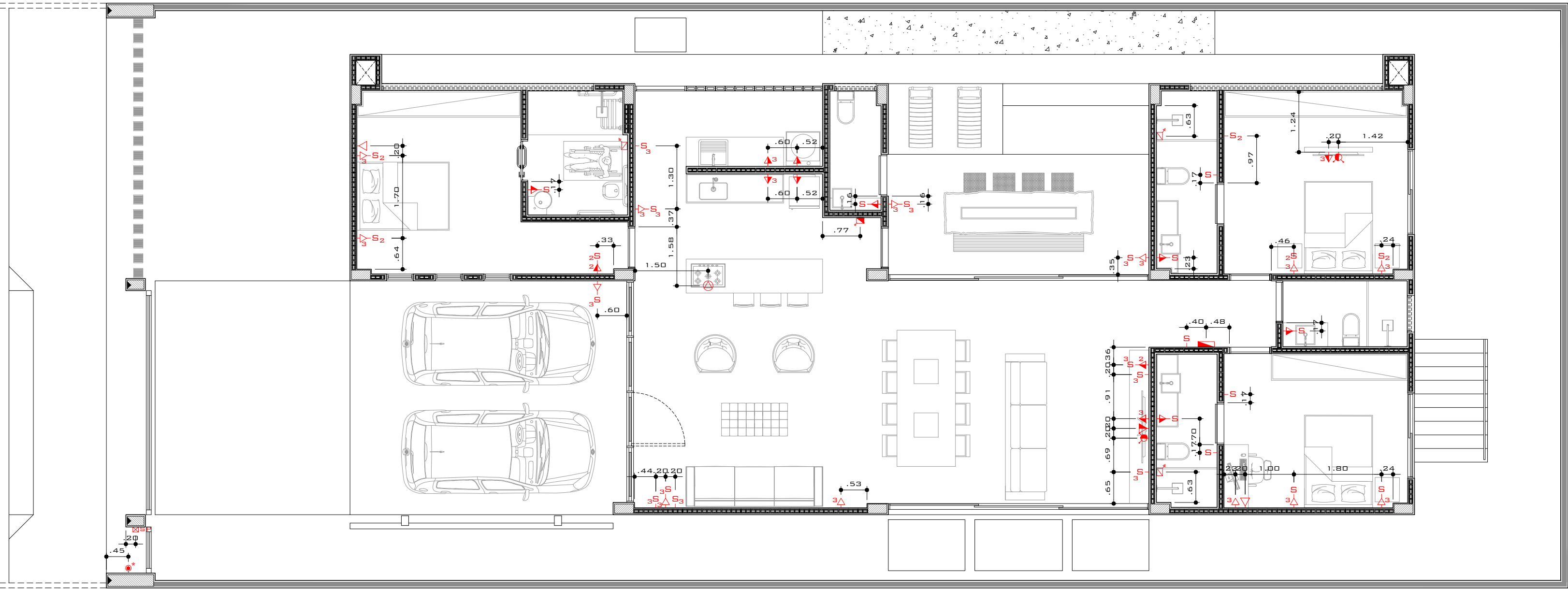
360,00m² 111,33m² (30,92%) 0,49
ÁREA DO TERRENO ÁREA PERMEÁVEL ÍND. APROVEITAMENTO

179,92m² 49,97m²
ÁREA CONSTRUÍDA TAXA DE OCUPAÇÃO

ESCALA 1:20 DESENHO GABARITO PADRÃO

15 68 0128
SETOR QUADRA LOTE

10 13
PRANCHA



PLANTA BAIXA - PONTOS ELÉTRICOS (NÍVEL +0,20M)

ESCALA 1:75



LEGENDA PONTOS ELÉTRICOS

	03	PONTO PARA CHUVEIRO 220V	H=2.20M
	-	TOMADA ALTA	H=2.20M
	-	TOMADA ALTA "N" SEÇÕES	H=1.80M
	13	TOMADA MÉDIA "N" SEÇÕES	H=1.20M
	12	TOMADA BAIXA "N" SEÇÕES	H=0.45M
	-	PONTO PARA INTERFONE	H=1.40M
	-	PONTO PARA ANTENA COLETIVA	H=0.45M
	02	PONTO PARA ANTENA COLETIVA	H=1.20M
	-	PONTO PARA ANTENA COLETIVA	H=1.80M
	01	TOMADA PARA TELEFONE	H=1.20M
	02	TOMADA PARA TELEFONE	H=0.45M
	-	PONTO PARA VDI	H=0.45M
	-	PONTO PARA VDI	H=1.20M
	-	PONTO PARA VDI	H=1.80M
	26	INTERRUPTOR DE "N" SEÇÕES	H=1.20M
	01	BOTOEIRA PARA CAMPAINHA	H=1.20M
	01	PONTO PARA CAMPAINHA	H=2.20M
	01	SENSOR DE PRESENÇA	H=2.00M
	01	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	H=1.50M
	-	AR-CONDICIONADO SPLIT	-

* ALTURAS DIVERGENTES DA TABELA TERÃO NOVA INDICAÇÃO INSERIDA JUNTO AO SÍMBOLO DO PONTO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO
RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO
KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

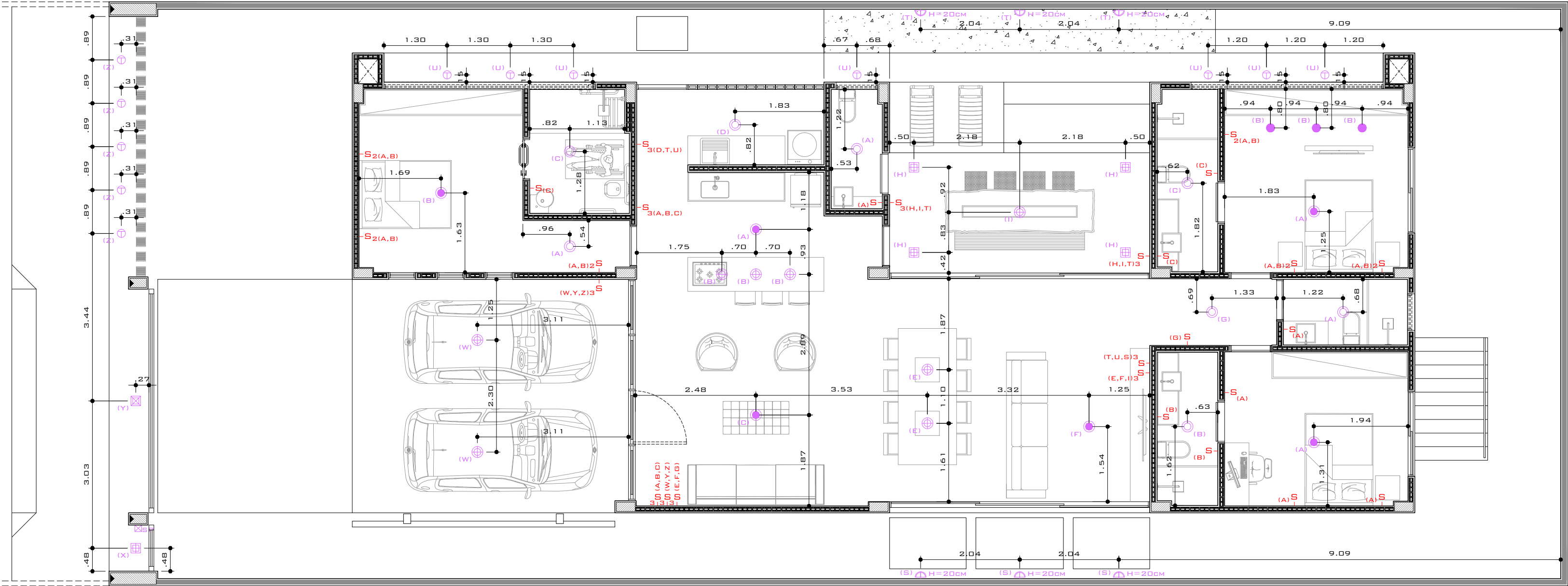
CASA
ECOEFFICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M²	111,33M² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92M²	49,97M²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

15	68	0128
SETOR	QUADRA	LOTE

ESCALA 1:75
DESENHO PLANTA BAIXA - PONTOS ELÉTRICOS

11 | 13
PRANCHA



PLANTA BAIXA - PONTOS LUMINOTÉCNICOS (NÍVEL +0,20M)

ESCALA 1:75



LEGENDA PONTOS LUMINOTÉCNICOS		
	08	PONTO DE LUZ PARA SPOT (EMBITIR)
	06	PONTO DE LUZ PARA PLAFOND
	08	PONTO DE LUZ PARA PENDENTE
	-	PONTO DE LUZ PARA DICRÓICA
	03	PONTO DE LUZ PARA MINIFOCO
	-	PONTO DE LUZ PARA DICRÓICA COM FOCO DIRECIONADO
	12	BALIZADOR DE CHÃO
	-	PONTO DE LUZ PARA LED
	-	BALIZADOR EM LED
	-	PONTO DE LUZ PARA AR70
	-	PONTO DE LUZ PARA AR111
	-	LUMINÁRIA INCANDESCENTE NO FORRO
	-	CALHA PARA LÂMPADA ECONÔMICA
	06	LUMINÁRIA DE PAREDE (ALTURA INDICADA NO DESENHO)
	01	SENSOR DE PRESENÇA
	-	EMBITIDO PARA 8 ECONÔMICAS
	-	EMBITIDO PARA 4 ECONÔMICAS
	01	EMBITIDO PARA 2 ECONÔMICAS
	01	EMBITIDO PARA 1 ECONÔMICA
	-	PONTO DE LUZ PARA PAR 20
	-	FIBRA ÓPTICA
	-	PONTO PARA CAIXA DE SOM



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO

RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO

KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

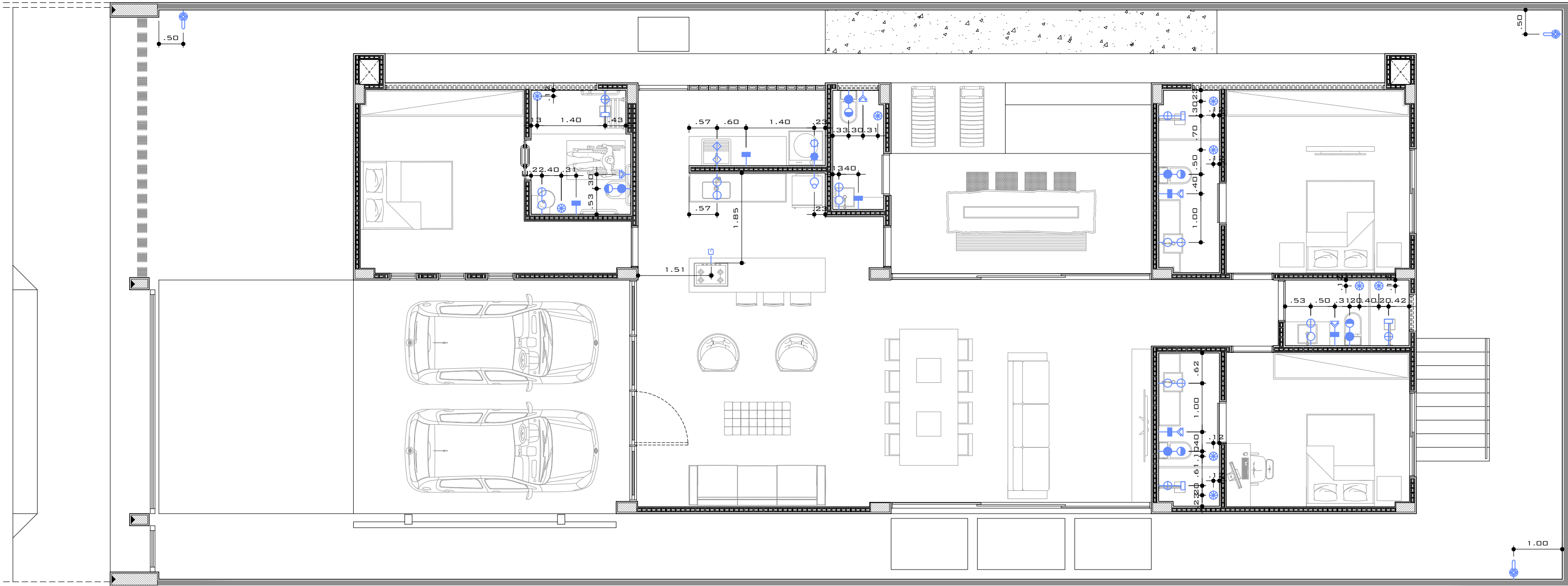
CASA
ECOEFFICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00m²	111,33m² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92m²	49,97m²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

15	68	0128
SETOR	QUADRA	LOTE

ESCALA 1:75
DESENHO PLANTA BAIXA - PONTOS LUMINOTÉCNICOS

12 | 13
PRANCHA



PLANTA BAIXA - PONTOS HIDRÁULICOS (NÍVEL +0,20M)
ESCALA 1:75

LEGENDA PONTOS HIDRÁULICOS

	06	PONTO HIDRÁULICO LAVATÓRIO DE BANCADA	H=0.60M
	06	PONTO SANITÁRIO LAVATÓRIO DE BANCADA	H=0.60M
	01	PONTO HIDRÁULICO PIA/TANQUE DE PAREDE	H=1.10M
	01	PONTO SANITÁRIO PIA/TANQUE DE PAREDE	H=0.60M
	01	FILTRO DE PAREDE	H=1.50M
	01	PONTO HIDRÁULICO MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	H=0.90M
	01	PONTO SANITÁRIO MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	H=1.00M
	04	PONTO HIDRÁULICO CHUVEIRO	H=2.10M
	04	REGISTRO DE PRESSÃO CHUVEIRO	H=1.10M
	06	REGISTRO DE GAVETA	H=1.80M
	05	PONTO HIDRÁULICO VASO SANITÁRIO	H=0.25M
	05	PONTO SANITÁRIO VASO SANITÁRIO	PISO
	05	DUCHA HIGIÊNICA	H=0.45M
	09	RALO	PISO
	03	TORNEIRA DE JARDIM	H=0.40M
	01	PONTO DE GÁS	H=0.75M

* ALTURAS DIVERGENTES DA TABELA TERÃO NOVA INDICAÇÃO INSERIDA JUNTO AO SÍMBOLO DO PONTO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
PROJETO
RAFAEL DE CARVALHO COSTA ABRANTES
ALUNO
KELLY CRISTIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADOR

CASA
ECOEFFICIENTE
PROPOSTA DE
HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

360,00M²	111,33M² (30,92%)	0,49
ÁREA DO TERRENO	ÁREA PERMEÁVEL	ÍND. APROVEITAMENTO
179,92M²	49,97M²	
ÁREA CONSTRUÍDA	TAXA DE OCUPAÇÃO	

15	68	0128
SETOR	QUADRA	LOTE

ESCALA 1:75
DESENHO PLANTA BAIXA - PONTOS HIDRÁULICOS

13
PRANCHA