



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



CAMILLA FURTADO DE FIGUEIREDO

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA
COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO PARA MATERIAIS
UTILIZADOS EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

JOÃO PESSOA - PB
Julho, 2017

CAMILLA FURTADO DE FIGUEIREDO

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA
COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO PARA MATERIAIS
UTILIZADOS EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação
em Energias Alternativas e Renováveis, área de
concentração em aproveitamento de Energias Renováveis,
para a obtenção do título de Mestre.

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

JOÃO PESSOA - PB
Julho, 2017

Catálogo na publicação
Setor de Catalogação e Classificação

F475a Figueirêdo, Camilla Furtado de.
Aplicação da avaliação do ciclo de vida como critério de seleção para
materiais utilizados em construções sustentáveis / Camilla Furtado de Figueirêdo.
- João Pessoa, 2017.
118 f. : il. -

Orientador(a): Prof. Dr. Kelly Cristiane Gomes da Silva.
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CEAR/PPGER

1. Energias renováveis. 2. Construção civil - Materiais de construção. 3.
Sustentabilidade. 4. Avaliação - ciclo de vida (ACV). 5. Seleção de materiais –
impacto ambiental. I. Título.

UFPB/BC

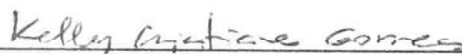
CDU - 691:620.91(043)

CAMILLA FURTADO DE FIGUEIREDO

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA
COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO PARA MATERIAIS
UTILIZADOS EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

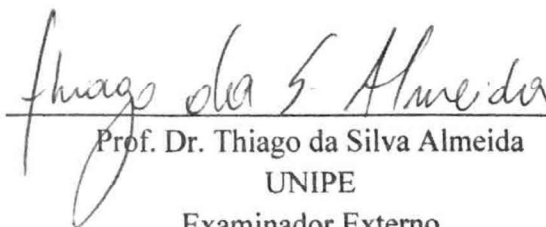
Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação
em Energias Alternativas e Renováveis, área de
concentração em aproveitamento de Energias Renováveis,
para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 20 de Julho de 2017.



Prof.^a Dr.^a Kelly Cristiane Gomes da Silva
UFPB
Orientadora

Prof.^a Dr.^a Monica Carvalho
UFPB
Examinadora Interna



Prof. Dr. Thiago da Silva Almeida
UNIPE
Examinador Externo

JOÃO PESSOA - PB
Julho, 2017

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, arquiteto do universo, por ser a força da minha vida; à minha família, sempre presente me incentivando a buscar meus objetivos ao longo da vida; ao meu noivo e meus sogros, por todo apoio prestado; aos meus amigos, que sempre acreditaram na minha capacidade; e à minha orientadora, pelo conhecimento passado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por estar sempre presente me dando saúde, oportunidades para que eu pudesse aprender e crescer, pelas bênçãos que me têm concedido, pela força para superar os obstáculos e frustrações que cruzaram minha vida.

Aos meus pais, Francisco William e Joelma Furtado, por acreditarem no meu potencial, superando a dor da saudade durante esses dez anos de distância, me colocando tão nova para morar sozinha e pelo trabalho para me proporcionar as melhores escolas e os melhores cursos, sendo os grandes responsáveis pela minha formação.

Aos meus irmãos, Brenno Furtado e Gustavo Furtado, por serem um pouco meus pais e meus filhos, contribuindo sempre para o meu crescimento, me auxiliando sempre que necessário e compartilhando de todos os momentos da vida longe dos pais.

Ao meu noivo, Jansen, e meus sogros, Ribamar e Wisomar, por todo o apoio prestado nesse momento único da minha vida.

À minha filha, Giulia, por dar forças para buscar sempre ser uma pessoa melhor.

À minha família em geral, que apesar de longe, sempre se faz presente em todos os momentos importantes, nunca esquecendo de mim, sempre mostrando que Deus é o responsável por tudo e que devo confiar Nele.

Aos meus amigos, por muitas vezes serem minha família, na ausência dela, me ajudando, incentivando, acreditando na minha capacidade e compreendendo meu sumiço, mas sempre estando por perto dispostos a me ajudar, ouvindo minhas angústias e dividindo momentos alegres.

Aos meus professores, desde os primeiros anos de escola, por terem passado um pouco dos seus conhecimentos e por sua paciência.

E, em especial à Professora Kelly Gomes, por me dar a oportunidade de fazer parte dessa luta em busca de um desenvolvimento mais saudável e sustentável para o planeta.

Enfim, a todos aqueles que, à sua maneira, contribuíram na minha formação e assim tornaram possível esse trabalho.

RESUMO

A indústria da construção civil se encontra como um dos maiores setores em todo o planeta. Essa atividade consome mais matéria prima do que qualquer outra, se tornando a que mais causa impacto ao meio ambiente. Ainda assim, o ser humano vive e trabalha em ambientes edificados. Como alternativa, sustentabilidade é um conceito primordial de aplicação para a sociedade mundial. Em virtude de sua necessidade, as edificações vêm sendo idealizadas visando à inovação tecnológica e melhoria ambiental com a redução dos níveis de poluentes emitidos e impactos ambientais gerados. Desta forma, a busca por soluções de construção mais sustentáveis é crescente. Como a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) inclui a compilação dos fluxos materiais e energéticos, ou seja, avaliação das entradas, saídas e dos impactos de um produto ao longo do seu ciclo de vida, sua utilização vem sendo ampliada progressivamente na busca de escolha de materiais mais sustentáveis a serem aplicados nas construções. A ACV mostrou-se como uma ferramenta importante, aplicável para projetistas, e eficiente como instrumento de apoio na seleção de materiais de construção mais sustentáveis. A metodologia proposta, orientada pelo projeto arquitetônico e estrutural, avaliando os materiais por cada etapa de construção tornou possível alcançar os objetivos da pesquisa de forma organizada e de fácil compreensão. A revisão bibliográfica e documental exaustiva, foram importantes para definição dos materiais a serem avaliados. Desta forma, este trabalho tem como objetivo a utilização da ACV com aplicação do *software* SimaPro® para avaliar os impactos ambientais em uma residência modelo de dois pavimentos, a ser realizada no Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba, a nível da emissão de kg CO₂-eq por m³ como critério de seleção dos materiais a serem aplicados em construções sustentáveis. Para a supra e infraestrutura, foram comparados o concreto tradicional, a base de cimento Portland e o concreto a base de Material Alcalinamente Ativado (MAA); para a alvenaria foram comparados blocos de concreto e blocos de cerâmica vermelha; por fim, para as estruturas de cobertura, foram comparadas lajes de concreto tradicional com uma associação de lajes de MAA com telha cerâmica e madeira e teto jardim. Foi realizado o levantamento do quantitativo de materiais necessários para sua construção e utilizada duas alternativas de materiais comparados com base na ACV para cada etapa de serviço (supra e infraestrutura, alvenaria e estruturas de cobertura). Os resultados obtidos mostraram que a utilização da ACV se mostra uma alternativa a ser considerada na escolha dos materiais visando uma construção de menor impacto ambiental.

Palavras-chave: ACV, Sustentabilidade, Seleção dos Materiais, Materiais de Construção.

ABSTRACT

The construction industry is one of the largest sectors in the world. This activity consumes more raw material than any other, becoming the one that causes more impact to the environment. Even so, the human being lives and works in built environments. As an alternative, sustainability is a primary concept of application for world society. Due to their need, the buildings are being designed with a view to technological innovation and environmental improvement with the reduction of the levels of pollutants emitted and the environmental impacts generated. In this way, the search for more sustainable construction solutions is growing. As the Life Cycle Assessment (LCA) methodology includes the compilation of material and energy flows, ie evaluation of inputs, outputs and impacts of a product throughout it's life cycle, it's use has been progressively search for the choice of more sustainable materials to be applied in buildings. The LCA proved to be an important tool, applicable to designers, and efficient as a support tool in the selection of more sustainable building materials. The proposed methodology, guided by the architectural and structural design, evaluating the materials for each stage of construction made it possible to achieve the objectives of the research in an organized and easy to understand way. The exhaustive bibliographical and documentary review were important for defining the materials to be evaluated. In this way, the objective of this work is to use the LCA with application of SimaPro® software to evaluate the environmental impacts in a two-floor model residence, to be held at the Center of Alternative and Renewable Energies of the Federal University of Paraíba, at the level of Emission of kg CO₂-eq per m³ as criterion of selection of the materials to be applied in sustainable constructions. For the above and the infrastructure, the traditional concrete, the base of Portland cement and the concrete based on Alkalinely Activated Material (AAM) were compared; for the masonry were compared blocks of concrete and blocks of red ceramics; finally, for the roofing structures, traditional concrete slabs were compared with an association of AAM slabs with ceramic tile and wood and roof garden. It was carried out the survey of the quantity of materials needed for its construction and used two alternative materials based on the LCA for each stage of service (supra and infrastructure, masonry and roof structures). The results showed that the use of LCA is an alternative to be considered in the choice of materials aiming at a construction with a lower environmental impact.

Key words: LCA, Sustainability, Selection of Materials, Construction Materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da avaliação do ciclo de vida.	13
Figura 2: Aspectos competitivos na construção civil tradicional	15
Figura 3: Aspectos competitivos na construção civil sustentável (alternativa à tradicional). 18	
Figura 4: Estrutura do Teto Jardim.	22
Figura 5: Fluxograma das etapas do trabalho.	23
Figura 6: Localização da cidade de João Pessoa (em vermelho) no Estado da Paraíba.	27
Figura 7: Marcação (em vermelho) da UFPB na cidade de João Pessoa.....	27
Figura 8: Planta Situação da Habitação Ecoeficiente (em vermelho) na UFPB, cidade de João Pessoa.	28
Figura 9: Plantas Baixas do Pavimento Térreo e do Pavimento Superior da Habitação Ecoeficiente da UFPB, localizada na cidade de João Pessoa.....	29
Figura 10: Blocos utilizados no projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.....	32
Figura 11: Planta da primeira fiada no projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.....	33
Figura 12: Detalhe da primeira fiada do quarto no projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.....	33
Figura 13: Elevação das paredes no Projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.....	34
Figura 14: Alternativas de materiais para a cobertura da Casa Ecoeficiente do CEAR.	35
Figura 15: Primeira alternativa construtiva da Casa Ecoeficiente na UFPB.	36
Figura 16: Segunda alternativa construtiva da Casa Ecoeficiente na UFPB.	36
Figura 17: Volume de madeira necessário para as terças, caibros e ripas da estrutura de cobertura em madeira e telha cerâmica da Casa Ecoeficiente na UFPB.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rendimento de telhas por m ²	35
Tabela 2: Quantitativo de concreto da estrutura da Casa Ecoeficiente na UFPB.	37
Tabela 3: Emissões de kg CO ₂ -eq para cada tipo de concreto e seus constituintes por m ³	37
Tabela 4: Quantitativo de blocos utilizados no projeto da Habitação Casa Ecoeficiente na UFPB.	39
Tabela 5: m ³ de matéria prima necessária para confecção dos blocos de alvenaria da Casa Ecoeficiente na UFPB.	39
Tabela 6: Quantitativo de Emissões de kg CO ₂ -eq para cada tipo de material e seus constituintes por m ³ para confecção dos blocos para alvenaria da Habitação Ecoeficiente na UFPB.	40
Tabela 7: m ³ de matéria prima necessária para confecção das estruturas de cobertura da Casa Ecoeficiente na UFPB.	41
Tabela 8: Quantitativo de Emissões de kg CO ₂ -eq para cada tipo de material por m ³ e total para confecção do teto jardim da Habitação Ecoeficiente na UFPB.	42
Tabela 9: Quantitativo de Emissões de kg CO ₂ -eq para cada alternativa de coberta da Habitação Ecoeficiente na UFPB.	43
Tabela 10: Total de emissão de kg de CO ₂ -eq da Habitação Ecoeficiente da UFPB.	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACV = Avaliação do Ciclo de Vida

BRE = *Building Research Establishment* (Estabelecimento de pesquisa em construção)

GEE = Gases de Efeito Estufa

GEO-4 = *Global Environment Outlook – 4* (Perspectiva do meio ambiente global)

GWP = *Global Warming Potential*, (Potencial de Aquecimento Global)

IME = Instituto Militar de Engenharia

IPCC = *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

MAA = Material Alcalinamente Ativado

OMM = Organização Meteorológica Mundial

PAG = Potencial de Aquecimento Global

PNUMA = Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SNIC = Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

UFPB = Universidade Federal da Paraíba

UNEP = Programa das Nações Unidas para o Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. CRESCIMENTO POPULACIONAL	4
4. SUSTENTABILIDADE	5
5. IMPACTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO CIVIL	6
6. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	8
7. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	10
7.1. Método IPCC	11
7.2. Normas ISO 14040 / ISO 14044	12
8. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	15
8.1. Materiais Tradicionais	15
8.1.1 Supra e Infraestrutura	15
8.1.2 Alvenaria ou Blocos de Vedação	16
8.1.3 Estruturas de Cobertura	17
8.2. Materiais Alternativos	18
8.2.1 Supra e Infraestrutura	19
8.2.2 Alvenaria ou Blocos de Vedação	20
8.2.3 Estruturas de Cobertura	21
9. METODOLOGIA	23
9.1. Pesquisas Bibliográficas	24
9.2. Elaboração de Projetos	24
9.3. Determinação do Tipo de ACV	24
9.4. Coleta de Dados e Diagnóstico	25
10. PROJETO ARQUITETÔNICO	27
11. ESCOLHA DOS MATERIAIS	31
11.1. Determinação da Supra e Infraestruturas	31
11.2. Determinação dos Blocos de Vedação	31
11.3. Determinação das Estruturas de Coberta	34
12. RESULTADOS	36
12.1. Supra e Infraestrutura	37
12.2. Blocos de Vedação	38

12.3. Estruturas de Coberta.....	41
13. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
14. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

O século XX registrou a gênese daquele que vem sendo o maior desastre ecológico do planeta. Quando acompanhamos os índices de poluição da água, do solo ou do ar, o consumo de recursos naturais e a capacidade do planeta de repor essas necessidades, chegamos à conclusão que, embora tenhamos chegado no maior desenvolvimento tecnológico que a sociedade já experimentou, precisamos repensar a maneira como nos relacionamos com o consumo e o meio ambiente (CASADO, 2009).

Com isso, no decorrer das últimas décadas, a ótica acerca da gestão ambiental vem se transformando, no Brasil e no mundo, com a busca de novas soluções e manifestação de novos instrumentos mais eficazes no combate aos impactos ambientais negativos gerados pelo consumo exagerado decorrente do desenvolvimento. O consumo aumenta a geração de resíduos e a produção de Gases de Efeito Estufa (GEE), poluindo o meio ambiente e causando o aquecimento global.

O novo contexto mundial exige cada vez mais das empresas, governantes e sociedade em geral, a capacidade de associar o consumo a fatores sociais, ambientais e econômicos de uma forma ponderada em suas tomadas de decisões. O desafio é conciliar o desenvolvimento tecnológico com a preservação dos recursos naturais, garantindo que práticas sustentáveis sejam aplicadas pelos autores desse processo.

De forma geral, sociedades com alto nível de industrialização, exigem mais insumos que sociedades menos industrializadas. Como exemplo temos a energia elétrica, que tornou-se essencial na vida do homem moderno. À medida que se torna mais prospero, deseja e consome grandes quantidades de energia, embora necessite de quantidades mínimas para satisfação de suas necessidades básicas. Em contrapartida, os projetos, quando orientados pela Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), podem colaborar fortemente para a redução de consumo e, conseqüentemente, para a sustentabilidade (EDWARDS, 2005).

Conforme Fundo Mundial para a Natureza (2016), a Terra perdeu, em um pouco mais de um quarto de século, quase um terço de sua riqueza biológica e recursos, e no atual ritmo, a humanidade necessitará de dois planetas em 2030 para manter seu estilo de vida.

Dentro desse panorama, a indústria da construção civil consome 50% dos recursos mundiais, convertendo-se em uma das atividades menos sustentáveis do planeta.

No entanto, nossa vida cotidiana desenvolve-se em ambientes edificados: vivemos em casas, viajamos sobre estradas, trabalhamos em escritórios e nos socializamos em bares e restaurantes. A civilização contemporânea depende de edificações para seu resguardo e sua existência, mas nosso planeta não é capaz de continuar suprimindo a atual demanda de recursos.

Evidentemente, algo deve ser mudado nesse aspecto e os arquitetos e designers tem uma grande responsabilidade nesse processo (EDWARDS, 2005).

Para isso, é necessário preocupar-se com a sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, desde a sua concepção e escolha de materiais, passando pelas etapas de projeto, construção, manutenção, até sua demolição ou desmonte. Portanto, torna-se necessário realizar o estudo da redução dos impactos negativos da etapa da construção de edificações, na medida em que a indústria da construção civil, além de grande consumidora dos recursos naturais, é fonte de diversos impactos negativos causados ao meio ambiente. (ARAÚJO, 2009). Pois, somente por meio do uso de tecnologias mais inteligentes, de um maior respeito aos recursos naturais e da substituição da exploração de recursos não renováveis por práticas renováveis e autossuficientes, poderemos reduzir a pressão sobre o meio ambiente. (EDWARDS, 2005).

Portanto, a busca pela sustentabilidade nas construções desperta a necessidade de desenvolver ações eficientes no que diz respeito à redução do impacto na natureza, a economia do consumo energético e o uso racional da água, justifica a necessidade de investimentos em pesquisas nesse setor (KEELER & BURKE, 2009; MASCARÓ, 2010). Uma alternativa é nortear o projeto arquitetônico pela Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), como forma de contribuir para a sustentabilidade (GURGEL *et al.*, 2014; GUINÉE, 2011), pois o mesmo realiza avaliações energéticas, ambientais e de impactos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o impacto ambiental dos materiais a serem aplicados na construção da Casa Ecoeficiente do Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em especial para materiais de supra e infraestrutura, nos blocos de vedação e nas estruturas de cobertura da edificação, utilizando para tanto a metodologia ACV.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a aplicação dos conceitos da Avaliação do Ciclo de Vida para seleção de materiais de construção;
- Adequar os projetos de supra e infraestrutura e o de alvenaria ao projeto arquitetônico e estrutural da casa Ecoeficiente do CEAR;
- Quantificar insumos e matérias-primas necessários para a produção das fundações, vigas, pilares, estruturas de cobertura e alvenaria, baseando-se no quantitativo do projeto estrutural;
- Identificar e quantificar insumos e matérias-primas necessários para a produção dos blocos de vedação, baseando-se no quantitativo de blocos utilizados no projeto;
- Avaliar os impactos ambientais, a nível de emissão de kg CO₂-eq por m³ de cada material;
- Indicar a alternativa de material, para cada função, que causa o menor impacto ambiental.

3. CRESCIMENTO POPULACIONAL

Em 2011, a população mundial atingiu 7 bilhões de habitantes e estima-se que até 2050 o planeta alcance cerca de 9,6 bilhões (UNITED NATIONS, 2013). Boa parte da população do mundo vive em áreas urbanas e é nessas áreas que os principais processos econômicos, sociais e ambientais que afetam as sociedades humanas ocorrem (BARREDO; DEMICHELI, 2003). Atualmente, metade da população mundial vive nas cidades, e dentro de duas décadas, aproximadamente, 60% da humanidade será composta de moradores urbanos. O crescimento urbano é mais rápido nos países em desenvolvimento (KENNEDY *et al.*, 2014), onde as cidades ganham, em média, 5 milhões de residentes todo mês (UNITED NATIONS HABITAT, 2008).

O Brasil, considerado dentro do grupo de países em desenvolvimento, configurou-se como uma nação urbana e, seguindo a tendência mundial, também apresentou crescimento elevado nas últimas décadas, praticamente dobrando a sua população em um período de pouco mais de trinta anos (SILVA, ROMERO, 2011). De acordo com o Censo 2016 realizado pelo IBGE, a população brasileira cresceu 0,8% e atingiu mais de 206 milhões de habitantes e, a população que habita as cidades já passa de 84% da população total (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2016). Enquanto as cidades crescem em tamanho e população, a harmonia entre os aspectos espaciais, sociais e ambientais de uma cidade e entre seus habitantes se torna de suma importância. Essa harmonia depende de dois pilares fundamentais: equidade e sustentabilidade (UNITED NATIONS HABITAT, 2008).

As inter-relações entre população, recursos naturais e desenvolvimento há muito têm sido objeto de preocupação social e de estudos científicos. Da mesma maneira, a preocupação contemporânea de promover o desenvolvimento de países "subdesenvolvidos" tem, desde o seu início, tomado como fator primário de planejamento a base dos recursos naturais, e esse interesse secular tem sido sistematicamente incorporado à análise. A perspectiva do meio ambiente, entretanto, trouxe uma nova dimensão ao estudo dos recursos, que são agora reconhecidos como mais do que um simples ponto de partida na equação do desenvolvimento. Esta preocupação tem sido expressa repetidamente durante as últimas duas décadas, sendo atualmente amplamente aceita (HOGAN, 1993).

Desta forma, a questão da sustentabilidade vem ganhando força nos últimos anos, principalmente com as previsões de escassez das fontes de energia atualmente utilizadas e da ampla divulgação dos impactos ambientais já causados pela humanidade (UNITED NATIONS, 2016).

4. SUSTENTABILIDADE

Em 1987, surgiu a definição mais amplamente difundida de desenvolvimento sustentável, como sendo aquele que permite a satisfação das necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer suas próprias necessidades (UNITED NATIONS, 2016). Contudo, esta definição vem evoluindo ao longo dos diversos e importantes congressos mundiais e envolve não somente a construção civil, mas todos os recursos necessários para o desenvolvimento das atividades humanas (EDWARDS, 2005).

A garantia da sustentabilidade em qualquer âmbito envolve o equilíbrio entre três dimensões: econômica, social e ambiental. Assim, deve-se buscar o lucro que permita a satisfação dos interesses de todos os intervenientes do processo. Os investidores devem ter o retorno financeiro, a comunidade local deve usufruir dos benefícios da atividade empresarial, os funcionários devem ter qualidade de vida e equidade social, e tudo isso, não deve prejudicar o meio ambiente, do qual todos necessitam para sobreviver (LIBRELOTTO, 2005).

Assim, a palavra sustentabilidade tem várias definições, mas em consenso implica em produzir bens com a menor carga ambiental, de forma a preservar o ambiente de degenerações futuras. A definição da Conferência do Rio de 1992 inclui outras dimensões ao conceito, além da puramente ambiental: a dimensão social, que implica em distribuição mais equitativa do desenvolvimento interno do país e entre países e a dimensão democrática que procura aumentar a participação nas decisões públicas (JOHN, 2001).

A Agenda 21 foi um relatório desenvolvido através de um acordo entre governos de 179 países em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, no Rio de Janeiro. Tal documento consolida a ideia de que o desenvolvimento e conservação do meio ambiente devem constituir um binômio indissolúvel, que promova a ruptura do padrão tradicional de crescimento econômico, tornando compatíveis duas grandes aspirações da atualidade: o direito ao desenvolvimento. Isso deve ocorrer, sobretudo, para os países que permanecem em patamares insatisfatórios de renda e riqueza, e o direito ao usufruto da vida em ambiente saudável pelas futuras gerações (Agenda 21, 1992).

Segundo o *United States Green Building Council* (2002), um empreendimento com bom desempenho ambiental é caracterizado por ter minimizados, e até mesmo eliminados, os seus impactos negativos no meio ambiente e em seus usuários. O conselho avalia o desempenho ambiental de edifícios sob cinco enfoques: planejamento sustentável da área construída; economia de água e eficiência em sua utilização; eficiência energética e emprego de energia renovável; conservação de materiais e fontes de recursos; e qualidade do ambiente interior.

Portanto, sustentabilidade significa produzir e operar utilizando o mínimo de recursos, garantindo, assim, um planeta saudável para as próximas gerações.

5. IMPACTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO CIVIL

Um dos fatores que tem agravado a preocupação no setor da construção é o aumento do porte das residências e o maior número de casas individuais para dar suporte ao crescimento populacional. Esses fatores têm gerado preocupações ambientais no que diz respeito aos tipos de construção residenciais, principalmente por induzirem a vários tipos de impactos ambientais pelo uso de materiais, geração de resíduos e mudança permanente no uso do solo (GOLDEMBERG; LUCON, 2012, p. 203). 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).

No decorrer da história da humanidade, foi possível perceber que a construção civil sempre existiu, mas nem sempre foi capaz de atender as necessidades básicas e imediatas do homem sem preocupação com o impacto ambiental em um primeiro momento. O homem pode ser qualificado diferencialmente dos demais seres vivos por inúmeras características, entre elas se inclui a capacidade de evoluir continuamente suas técnicas através de aperfeiçoamento e estudo contínuo dos resultados. A constituição das cidades exigiu qualificação e técnicas mais apropriadas e vantajosas para se construir edifícios cada vez mais modernos.

O sistema urbano, com suas construções, atividades, serviços, transportes e demais componentes e funções, é um grande consumidor de energia e o produto das ações humanas que maior deterioração causa (CUNHA, 2006). A construção civil, atividade predominantemente urbana, com suas edificações que compõem esse sistema, consome mais da metade da energia usada nos países desenvolvidos e produz mais da metade de todos os gases que vêm causando o aquecimento global (ROAF *et al.*, 2006). Além disso, a construção civil consome grande parte da matéria prima existente no planeta. Soma-se ainda, o fato de que a mesma é responsável pela produção de grande parte dos resíduos que provocam impactos nocivos ao ambiente (SATTLER, 2003).

Assim, entende-se que o aumento do consumo dos recursos naturais é fato nítido para a humanidade, e este traz diversas mudanças no meio natural. Pode-se citar a diminuição gradativa da fauna e flora, dos mananciais de água potável, o empobrecimento dos solos e as mudanças climáticas juntamente com todos os seus elementos (precipitação, umidade, ventos e temperatura). Embora a natureza esteja em constante mudança, o firmamento da sociedade e seus interesses lucrativos, pós-revolução industrial, fizeram com que estas mudanças tomassem rumos diferentes dos chamados normais da natureza.

De acordo com Futada (2014), no Panorama Global da Biodiversidade, que foi lançado em 2010, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em sua quarta edição (GEO-4), traz uma avaliação sobre o status da biodiversidade no mundo, a partir das evidências disponíveis. O relatório, de 540 páginas, pede que as emissões de gases-estufa sejam reduzidas em entre 60% e 80%, e observa que 60% dos ecossistemas do mundo já sofreram degradação e continuam sendo usados de forma insustentável.

É notório que a indústria da construção civil consome intensamente recursos naturais para a fabricação de materiais e componentes, como o aço e o cimento, para elementos estruturais, materiais sintéticos, para impermeabilizações, e blocos cerâmicos e de concreto, para alvenarias. Em larga escala, tem contribuído para a devastação dos recursos não renováveis (CIB, 1999). Assim, se faz necessário um estudo sistemático da utilização dos materiais na construção, visando não apenas conforto, economia e praticidade nas construções, mas acima de tudo visando a sustentabilidade das edificações e do planeta de modo geral.

6. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O termo “construção sustentável” foi proposto pela primeira vez pelo professor Kibert (1994) para descrever as responsabilidades da indústria da construção no que respeita ao conceito e aos objetivos da sustentabilidade. De acordo com Kibert (1994), o conhecimento existente e o diagnóstico à indústria da construção em termos de impactos ambientais revelam que, existe a necessidade de uma mudança para se atingirem os objetivos de sustentabilidade. Como primeira prioridade deverá referir-se à necessidade de se analisarem as características da construção tradicional e compará-la com o novo critério sustentável para os materiais de construção, os produtos e os processos de construção.

Desta forma, construção sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras (ARAÚJO, 2008).

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, 2009, p. 51). Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção. Tais aspectos ambientais, somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre construção e meio ambiente (BRASIL, 2016).

Entende-se que a solução para a redução do impacto ambiental é de extrema importância, mas nem sempre a sociedade aceita a ideia de projetos de edificações sustentáveis, por não entender o quanto de impacto está causando. Somente através da redução do impacto nas edificações, será possível o desenvolvimento sustentável da cidade como uma consequência.

A ideia de sustentabilidade impulsiona a inovação, estimula a busca por novas tecnologias e promove o surgimento de novos nichos de mercado (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS, 2012). Neste sentido, faz-se urgente a adoção de práticas que possibilitem a produção de construções sustentáveis, de baixo consumo energético, que ajude a mitigar impactos de extração de materiais, otimização do consumo de água e energia, racionalidade construtiva, dentre outros.

Sendo assim, Araújo (2008) indica as diretrizes gerais para edificações sustentáveis, que podem ser resumidas em nove passos principais, recomendados por alguns dos principais sistemas de avaliação e certificação de obras no mundo. Os Nove Passos para a Obra Sustentável são:

- i. Planejamento Sustentável da obra;
- ii. Aproveitamento passivo dos recursos naturais;
- iii. Eficiência energética;
- iv. Gestão e economia da água;
- v. Gestão dos resíduos na edificação;
- vi. Qualidade do ar e do ambiente interior;
- vii. Conforto termo acústico;
- viii. Uso racional de materiais;
- ix. Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

A escolha dos produtos e materiais para uma obra sustentável deve obedecer a critérios específicos, tais como a origem da matéria-prima, a extração, o processamento, os gastos com energia para transformação dos materiais, as emissões de poluentes, a biocompatibilidade, a durabilidade, a qualidade, dentre outros. Desta forma, se faz possível classificá-los como sustentáveis e elevar o padrão da obra, bem como melhorar a qualidade de vida de seus usuários/habitantes e do próprio entorno. Essa seleção também deve atender parâmetros de inserção, estando de acordo com a geografia circundante, história, tipologias, ecossistema, condições climáticas, resistência, responsabilidade social, dentre outras leituras do ambiente de implantação da obra (ARAÚJO, 2008).

7. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

A obtenção de todo produto, independentemente de sua composição, provoca impactos no meio ambiente, seja causado pela sua matéria-prima, seja pelo seu processo produtivo. A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), é uma metodologia utilizada para avaliar o desempenho ambiental dos materiais ao longo de toda sua vida útil, incluindo etapas desde as retiradas das matérias-primas da natureza até a disposição final. Para uma edificação, a ACV se concentra nos complexos impactos provocados por sua construção, seu uso e sua posterior degradação.

Esse método é importante pois ajuda a identificar possíveis reduções de custos e impacto ambiental (BRAGANÇA & MATEUS, 2006).

A crescente conscientização da população tem gerado uma sociedade mais analítica, que tem exigido desempenhos ambientais melhores nas suas edificações, sem custos adicionais. A ACV reforça a importância da análise dos custos da edificação ao longo da sua vida útil, sendo uma ferramenta de apoio para tomada de decisões, mas que não resolve problemas ambientais, apenas avalia os impactos causados por ele, podendo comparar o desempenho ambiental de produtos com a mesma função.

Segundo Edwards (2005), o custo das edificações costuma ser avaliado em função do capital investido inicialmente, desconsiderando os custos ao longo de sua vida útil de cinquenta anos ou mais, assim como custos que incidem sobre outros, como poluição, resíduos e danos ecológicos. Como ferramenta de avaliação, a ACV contribui em três importantes aspectos:

- Introduz o fator tempo na equação, facilitando a rápida compreensão dos impactos ambientais e dos ciclos de reciclagem ao longo da vida útil;
- Permite analisar os impactos energéticos, ecológicos e ambientais no contexto dos benefícios sociais e econômicos;
- Constitui uma ferramenta holística, atuando como ponte entre o projeto, a fabricação, a construção e a manutenção da edificação.

A ACV se destaca de outros sistemas de auditoria ambiental por avaliar os impactos dos materiais fora do local de implantação, além de considerar diferentes alternativas possíveis para as edificações no final de sua vida útil, sugerindo que o arquiteto ou engenheiro também as considere no início da fase de projeto.

Desta forma, a ACV pode ser usada na engenharia do processo para reduzir perdas e melhorar a eficiência. Os dados coletados no inventário podem ser usados como indicadores de desempenho na cadeia do processo. Se os impactos por toneladas do produto aumentarem, o processo torna-se menos eficiente, se os impactos são reduzidos, menos materiais ou

substâncias são perdidos para o meio ambiente, menos água é usada, menos resíduos são gerados e menos energia é consumida. Frequentemente isto também representa vantagens financeiras, devido a economia quanto ao uso de materiais e energia e na disposição final dos resíduos (LEWIS e DEMMERS, 1996).

Neste sentido, a avaliação dos impactos sobre o meio ambiente consiste em uma interpretação dos resultados do inventário do ciclo de vida em impactos quantificáveis sobre o meio ambiente (AFNOR, 1994).

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 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

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 internacionais 14040 e ISO 14044, que estabelecem a metodologia da ACV (ISSO 14040, 2006; ISO 14044, 2006).

O software utilizado neste trabalho foi o SimaPro® 8.2.0.0, *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 (ACV BRASIL, 2016).

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. Neste estudo foram consideradas as mesmas etapas para os dois produtos (extração de matérias-primas, transporte e aplicação) de forma igualitária, sendo assim, dispensáveis para a comparação.

No Brasil, as normas ABNT NBR 14040 e 14044 (ABNT, 2014a; 2014b), também regem as aplicações das ACVs. Integrado ao SimaPro®, a base de dados do Ecoinvent foi utilizada, visto que se encontra na grande maioria das análises e é amplamente reconhecida como a maior e mais consistente base de dados de ACV existente no mercado.

7.1. 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.

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. O método expressa o impacto ambiental em kg equivalentes de CO₂ (kg CO₂-eq) e 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 (kg) da substância emitida e o resultado final é dado em kg CO₂-eq.

7.2. Normas ISO 14040 / ISO 14044

A ACV tem sua estrutura normalizada pela série ISO 14040. Até o ano de 2006, a série era composta principalmente pelas normas ISO 14040, a qual tratava dos princípios gerais e das diretrizes (ISO, 1996); ISO 14041, direcionada para as fases de definição do objetivo e escopo e análise de inventário do ciclo de vida (ISO, 2001); ISO 14042 relativa à etapa de avaliação de impactos ambientais (ISO, 2004); ISO 14043, voltada para a interpretação do ciclo de vida (ISO, 2005).

No Brasil, a partir de 2006, essas normas foram editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é regulamentada, através das normas da série NBR ISO 14040:2006. As edições anteriores foram compactadas em dois volumes, a ISO 14040 e a ISO

¹ O Potencial de Aquecimento Global (Em inglês, Global Warming Potential - GWP), estabelecido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), 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).

14044. A primeira trata dos princípios e estrutura da ACV (ISO, 2006a), enquanto a segunda aborda seus requisitos e diretrizes (ISO, 2006b).

A norma ISO 14040, em particular, especifica a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de ACV, não incluindo, porém, as técnicas de avaliação em detalhes, fornecendo as diretrizes gerais e as estruturas para conduzir e relatar estudos.

A ISO 14040, ainda descreve a estrutura da ACV, através da definição de objetivo e escopo, análise do inventário e avaliação de impacto, como pode ser observada na Figura 1.

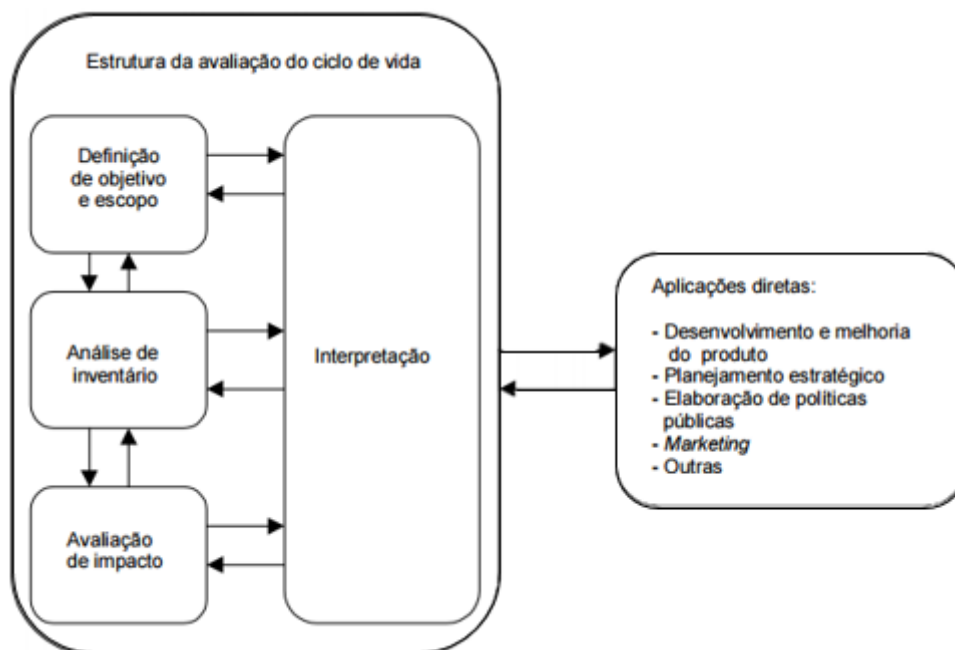


Figura 1: Estrutura da avaliação do ciclo de vida.

Fonte: Adaptado de NORMA ISO 14040 (2006).

Definição do objetivo e do escopo:

Esta etapa consiste na descrição do sistema de produto a ser estudado, e apresenta o propósito e a extensão do estudo, por meio do estabelecimento de suas fronteiras (HAUSCHILD, 2005). O objetivo do estudo deve especificar a aplicação pretendida e o público alvo a quem serão comunicados resultados. Nesta fase é importante definir a unidade funcional, principalmente em estudos comparativos de diferentes produtos, de forma a quantificar o sistema e permitir a determinação de fluxos de referência.

Análise de inventário:

A fase de inventário constitui uma ferramenta indispensável para a avaliação quantitativa de impactos ambientais. Engloba a coleta de dados e procedimentos de cálculo

utilizados na quantificação de fluxos de entrada e saída de matéria e energia para um determinado sistema de produto. Com relação aos cálculos realizados, é importante destacar a importância em se considerar procedimentos de alocação para os processos que produzam mais de uma saída ou para materiais que sejam reciclados.

Segundo Frankl e Rubik (2000), os inventários possibilitam a identificação de limitações ou a necessidade de maiores informações para a avaliação do processo e podem gerar mudanças nos procedimentos de coleta de dados, revisão dos objetivos ou escopo do estudo sendo realizado. A consistência dos dados viabiliza a obtenção de resultados mais precisos e confiáveis.

Avaliação de impacto:

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, AICV, permite avaliar a significância de aspectos ambientais apresentados durante a etapa de inventário e agregar as intervenções em vários ou um único indicador. Os fluxos elementares do sistema são relacionados aos impactos gerados ao meio ambiente, em nível global, regional ou mesmo local.

Interpretação:

Esta quarta fase da ACV consiste na avaliação do estudo, de acordo com os objetivos estabelecidos, ou seja, na análise dos resultados e na formulação de conclusões e recomendações para a minimização de impactos ambientais potencialmente gerados pelo sistema (GRAEDEL, 1998). Esta fase envolve um processo iterativo de revisão do escopo da ACV, assim como a natureza e qualidade dos dados coletados. Aspectos como sensibilidade e incertezas também são avaliados no julgamento de qualidade dos resultados obtidos (HAUSCHILD, 2005).

8. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

8.1. Materiais Tradicionais

Tradicionalmente, uma construção só era competitiva se tivesse o nível de qualidade exigido pelo projeto, se utilizasse sistemas construtivos que otimizassem a produtividade durante a fase de construção e que, por conseguinte, conduzisse à diminuição do período de construção, permitindo uma maior rapidez na recuperação de investimento. Tudo isto, sem alterar significativamente os custos da construção (MATEUS, 2004). Assim, tal edificação tinha que equilibrar-se entre esses três conceitos: custo, qualidade e tempo (Figura 2).

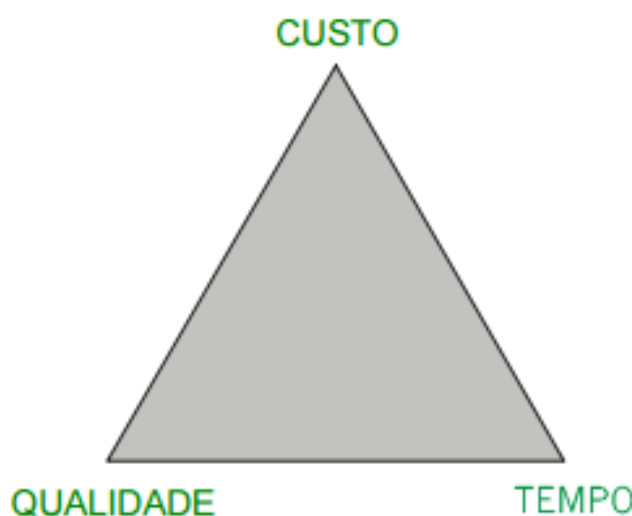


Figura 2: Aspectos competitivos na construção civil tradicional
Fonte: Ricardo Mateus, 2004.

Sendo assim, foram definidos alguns materiais tradicionais da construção civil para aplicação da ACV, tendo em vista algumas etapas da construção, tais como: infraestrutura (parte da edificação que fica abaixo do nível do solo), supraestrutura (parte da edificação que fica acima do nível do solo), blocos (alvenaria) de vedação e estruturas de cobertura.

8.1.1 Supra e Infraestrutura

O cimento Portland é o material de construção de maior utilização no mundo. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), somente no Brasil, em 2016, foram consumidos mais de 38 milhões de toneladas desse material. Utilizado na composição de concretos e argamassas, e confere a estes, boa moldabilidade no estado fresco. No estado endurecido, o cimento Portland geralmente é responsável pelo desenvolvimento de resistência mecânica elevada e boa durabilidade de argamassas e concretos (BORGES *et al.*, 2014).

O grande consumo de cimento Portland tem gerado preocupações relacionadas a seu processo produtivo, dado que uma das etapas mais importantes, a clínquerização, requer a queima de matérias-primas (calcário e argilas) a uma temperatura de aproximadamente 1500°C, com alta liberação de CO₂. Pouco mais da metade das emissões de CO₂ na indústria do cimento ocorre durante a transformação físico-química que dá origem ao clínquer, enquanto a outra metade é resultante predominantemente da queima de combustíveis no forno de clínquerização (BORGES *et al.*, 2014).

8.1.2 Alvenaria ou Blocos de Vedação

O custo da construção no Brasil torna-se excessivamente alto devido à diversos fatores, como: falta de desenvolvimento de novas tecnologias, desperdício de materiais nos canteiros de obras, informalidade da construção civil, entre outros (ARAÚJO, 2002). Apesar de ser considerável o avanço no desenvolvimento de diversos estudos relacionados ao concreto e suas possibilidades, como os blocos pré-moldados de concreto, esse tipo de tecnologia ainda é pouco utilizada no país, tendo seu uso praticamente executado de forma artesanal e sua qualidade final dependente da qualidade da mão-de-obra (CAMPOS, 2012). Nesse contexto, tornam-se necessários estudos no que diz respeito a utilização de materiais quer permitam montagens rápidas e de qualidade.

Assim sendo, os blocos para alvenaria são módulos encaixáveis, com dimensões padronizadas, que permitem ter sua execução planejada através de um projeto de alvenaria, que torna possível quantificar os blocos necessários para cada obra, evitando o desperdício, além de facilitar a colocação de tubulações hidráulicas, elétricas, de telefone, gás, etc. Os mais utilizados são os de concreto, cerâmica e sílico-calcário, e, portanto, são os responsáveis pelas características das mesmas (SALVADOR FILHO, 2007).

É possível encontrar no mercado diversas opções de tijolos e blocos, com suas respectivas e distintas propriedades, como: material, resistência, dimensão, disposição dos furos, porosidade, dilatação térmica, entre outras. Esses blocos podem exercer três funções: acabamento, apenas para função estética; vedação, para fechamento das paredes de vedação; e estruturais, que necessitam ter uma certa resistência.

Para Hendry (2001) as seguintes características físicas e propriedades mecânicas são relevantes nos blocos e construções de parede:

- Cor;
- Textura da superfície;
- Peso;

- Absorção e poros;
- Condutividade térmica;
- Resistência ao fogo;
- Resistência à compressão e tração.

Em se tratando da utilização de blocos cerâmicos, segundo a NBR 15270-2, eles devem ser classificados como blocos para alvenaria estrutural ou alvenaria de vedação. A NBR em questão define bloco cerâmico de alvenaria estrutural como “Componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm” (ABNT,2005).

No Brasil, dentre os materiais mais utilizados em blocos para alvenaria, o bloco cerâmico é o que se destaca. Para Roman (1983) e Fonseca (1994), existe uma demanda cada vez maior para a utilização de produtos da cerâmica vermelha, como blocos e tijolos cerâmicos, em virtude de algumas vantagens como:

- Menor carga nas fundações do que a de outros componentes de alvenaria;
- Encontrados facilmente no país, em abundância e em variedade de tipos;
- Facilidade na qualificação de mão de obra;
- Elementos de fácil transporte, fácil manuseio para o pedreiro e não exigem cuidados especiais de armazenagem, podendo ser deixados ao ar livre;
- Boa aderência às argamassas e colas, permitindo o uso de qualquer tipo de revestimento;
- Boas características de isolamento térmico e acústico;
- Alta resistência à chama, sendo mais refratários que outros materiais de construção, como concreto armado comum, pedra granítica, madeira e aço;
- Excelente durabilidade, exigindo pequena ou nenhuma manutenção;
- Podem ser utilizados em diversos usos funcionais, são versáteis, dando liberdade criativa aos projetistas.

8.1.3 Estruturas de Cobertura

As lajes de concreto armado a base de cimento Portland são as mais utilizadas nas construções, em especial em edifícios e são classificadas como elementos planos bidimensionais (comprimento e largura) da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão (espessura). As lajes são também chamadas elementos de superfície, ou placas. Destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte (BASTOS, 2005).

8.2. Materiais Alternativos

Mais tarde, com a introdução das preocupações ambientais, o conceito de qualidade na construção passou a abranger os aspectos relacionados com a qualidade ambiental. Conforme Mateus (2004), os princípios da ecoeficiência aliadas com as condicionantes econômicas, a equidade social e o legado cultural (introduzindo um novo aspecto ao nível do conceito “tempo”), representam as três dimensões da construção sustentável (Figura 3).



Figura 3: Aspectos competitivos na construção civil sustentável (alternativa à tradicional).
Fonte: Ricardo Mateus, 2004.

A arquitetura sustentável é um campo relativamente novo que muito ainda tem para ser pesquisado e, tem como objetivo, proporcionar um ambiente saudável nos ambientes construídos. Projetar e construir edifícios consiste em fazer escolhas: envolve a criação de possibilidades de escolha ao iniciar um determinado projeto, a avaliação das opções ao elaborar o projeto, a tomada de decisões junto ao cliente, o registro das opções escolhidas nos desenhos e a implementação de tais escolhas durante a fase de execução do projeto (CHING; SHAPIRO, 2017). Por esse motivo, a pesquisa atuou na escolha de materiais para indicar a alternativa que gera o menor impacto ambiental.

Conforme Ching & Shapiro (2017), os impactos ambientais dos materiais de construção resultam do consumo de energia e das emissões relacionadas a eles, do esgotamento das fontes de materiais finitos e do acúmulo indesejável de resíduos em aterros. As atividades que causam esse impacto incluem a mineração e o extrativismo de matérias-primas, o processamento, a fabricação e o transporte dos materiais acabados, o uso de materiais nocivos à saúde humana e a geração de dejetos de construção. Contudo, por meio de critérios no projeto de edificações e na seleção de materiais, podemos reduzir substancialmente esses impactos.

Sendo assim, essa pesquisa definiu alguns materiais de construção alternativos aos materiais de construção tradicionais, para realizar a ACV e definir qual o material oferece um menor impacto ambiental, atuando na indicação de materiais de construção para edificações sustentáveis.

8.2.1 Supra e Infraestrutura

Segundo Dias e Thaumaturgo (2001), um tipo de cimento relativamente novo, conhecido por geopolímero ou material alcalinamente ativado (MAA), vem sendo utilizado no Instituto Militar de Engenharia como aglomerante (substituindo total ou parcialmente o cimento Portland) na produção de concretos, argamassas e compósitos reforçados. Este cimento é um polímero inorgânico obtido a partir da reação de aluminossilicatos amorfos e polissilicatos aquosos em um meio de elevada alcalinidade (DAVIDOVITS, 1994; XU e VAN DEVENTER, 2000; GOMES, 2011). Seu processo de obtenção é semelhante ao empregado na síntese de zeólitas cristalinas (XU e VAN DEVENTER, 2000).

Os MAA's são materiais cimentícios com propriedades termomecânicas eficientes, alta resistência inicial, resistência ao ataque de agentes agressivos, entre inúmeras outras propriedades, o que permite seu uso tanto em estruturas como em compósitos, além de representar uma solução tecnológica eficaz para a imobilização de resíduos, especialmente daqueles oriundos de atividades industriais ou de mineração, contribuindo para a redução de emissões poluentes (XU e VAN DEVENTER, 2000; GOMES, 2011).

Inúmeras pesquisas envolvendo a utilização do cimento geopolimérico na construção civil estão sendo desenvolvidas em países ao redor do mundo. No Brasil, os primeiros estudos nesses materiais foram realizados no Instituto Militar de Engenharia (IME), onde foram estudadas propriedades tais como: microestrutura, aderência ao aço no concreto armado, quando aplicados em pisos industriais, pavimentação, entre outras aplicações no que diz respeito à durabilidade e agentes químicos agressivos (DIAS e THAUMATURGO, 2001; MAZZA, 2010).

Também chamados de polímeros inorgânicos, esses materiais possuem vantagens ecológicas e físico-químicas quando comparados ao cimento Portland (XU e VAN DEVENTER, 2000). As vantagens ecológicas se tornaram evidentes com a possibilidade de ser produzidos à temperatura ambiente ou temperaturas de até 80 °C sem aparente liberação de CO₂ na atmosfera (GOMES, 2011). As características físico-químicas garantem propriedades especiais, tais como rápido desenvolvimento de resistência mecânica e excelente durabilidade química. Já Davidovits (1994), considera que o cimento geopolimérico com cura à temperatura

ambiente (20 °C) pode adquirir resistência à compressão de 20 MPa em 4 h. Dependendo ainda das condições de síntese e cura, esses materiais podem atingir valores de resistência à compressão de 70 a 100 MPa (TEIXEIRA PINTO, 2004).

De acordo com Dias e Thaumaturgo (2001), uma das principais vantagens do cimento geopolimérico é a redução da emissão de CO₂, na fase de produção do cimento geopolimérico em relação ao cimento Portland, onde a produção de 1 tonelada de cimento Portland gera diretamente 0,55 toneladas de CO₂ químico, acrescido da queima de combustíveis fósseis, que contribui com 0,40 toneladas de CO₂. Com um investimento similar e menor gasto de energia, em termos de emissão de CO₂, pode-se produzir de 5 a 10 vezes mais cimento geopolimérico que a tecnologia do cimento Portland.

Considerando que os materiais utilizados na construção civil exercem um grande impacto ambiental, nas fases de extração, processamento, transporte, uso e eliminação, essa pesquisa visa comparar os dois tipos de concreto, considerando as emissões de GEE expressos em kg CO₂-eq.

8.2.2 Alvenaria ou Blocos de Vedação

Apesar do potencial no uso da cerâmica vermelha em blocos, a indústria da construção civil aponta alternativas para o uso desse material, forçando o setor a melhor se organizar para enfrentar um mercado cada vez mais competitivo e exigente. Assim sendo, uma grande parcela das empresas tem desenvolvido produtos compatíveis e de acordo com as exigências das normas técnicas da ABNT, como é o caso dos blocos de concreto. Além disso, entre os blocos disponíveis no mercado, encontram-se os mais diversos formatos e tamanhos, para as mais variadas finalidades.

Visto isso, a questão da resistência é um fator essencial para o uso na alvenaria. Este fator tem incentivado estudos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, visando à busca de alternativas aos produtos e processos tradicionais utilizados na construção civil. No entanto, uma questão relevante que se coloca neste campo é a de como avaliar estes novos produtos oferecidos (SOUZA, 1988). É possível se obter uma estimativa do provável comportamento, ou seja, estimar o comportamento potencial de novos materiais e processos, através da realização de ensaios e medidas em protótipos, e também através da utilização de modelos matemáticos que simulam o comportamento do edifício. (NESSRALLA, 2013).

8.2.3 Estruturas de Cobertura

Na segunda alternativa de aplicação da ACV, foram associadas três soluções construtivas: coberta composta por madeira e telha cerâmica, lajes de concreto de MAA e teto jardim ou somente a lajes de MAA. Com relação à laje com concreto de MAA, será utilizado o mesmo traço do concreto utilizado na supra e infraestrutura.

Em clima quente e seco é aconselhável a utilização de soluções de elevada inércia térmica. A inércia térmica de um edifício é caracterizada pela capacidade de armazenamento de calor que o edifício apresenta e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos e materiais de construção. Nas zonas de clima quente e seco, os edifícios estão sujeitos a grandes amplitudes térmicas diurnas pelo que uma elevada inércia térmica ajuda a atenuar e a atrasar as variações de temperatura nos espaços interiores. A elevada capacidade de armazenamento de calor dos materiais permite que o calor penetre devagar através das paredes e da cobertura (MATEUS, 2004).

A cobertura é o elemento de construção mais vulnerável às perdas de calor durante a estação de aquecimento (Inverno) e aos ganhos de calor durante a estação de arrefecimento (Verão). O estudo incorreto da solução de isolamento térmico da cobertura e dos restantes elementos da envolvente compromete o conforto interior influenciando a quantidade de energia consumida nas ações de controle da temperatura interior (MATEUS, 2004).

Um dos mais tradicionais tipos de coberta é executado com treliças de madeira e telha cerâmica. Segundo Oliveira (2009), desde a civilização egípcia as coberturas tinham seus elementos, muitas vezes de madeira (troncos de palmeira formando esteios para cobertura), dispostos de modo a se ter as primeiras composições que viriam originar as treliças tal qual se conhece nos dias de hoje. Já os materiais cerâmicos, dentre eles as telhas cerâmicas, são obtidos pela moldagem, secagem e queima de argila ou de misturas contendo argila. A argila é um material composto basicamente por silicatos de alumínio hidratados, formando com água uma pasta plástica, susceptível de transformar-se nos diversos materiais cerâmicos utilizados na construção civil (RIBEIRO, 2002).

Os materiais cerâmicos estão entre aqueles mais tradicionalmente empregados na construção civil (MITIDIERI; CAVALHEIRO, 1988). Os produtos de cerâmica adquirem as propriedades desejadas mediante a aplicação de calor, ou seja, a indústria cerâmica é, por definição, uma indústria que utiliza grandes quantidades de energia, tal como o são a indústria de aço, cimento e vidro. Todas estas são caracterizadas pelas altas temperaturas dos fornos e fornalhas. Não apenas uma grande quantidade de energia é consumida durante o seu processo

produtivo, como também o custo dessa energia representa um percentual significativo no total dos custos de produção (AGRAFIOTIS; TSOUTSOS, 2001).

Diferentes tipos de coberturas foram utilizadas na Casa Ecoeficiente a fim de encontrar a alternativa de menor impacto, uma delas foi o teto jardim. O teto jardim, também conhecido como telhado verde, tem por princípio a construção de um jardim sobre a superfície de uma cobertura (laje), seja ela de uma construção residencial, comercial ou industrial, conforme pode ser observado na Figura 4.

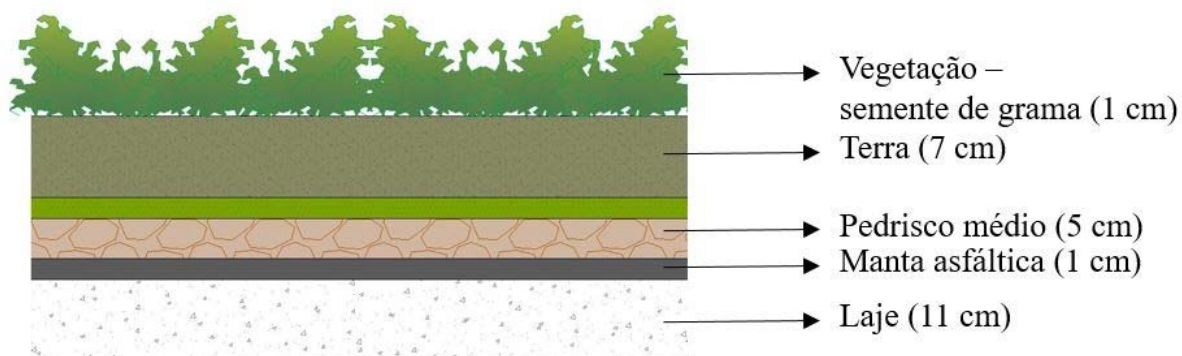


Figura 4: Estrutura do Teto Jardim.

Fonte: Produzido pela autora.

O telhado proposto é composto por lona plástica para impermeabilização, uma camada de pedrisco médio para drenagem e, sob estes, aproximadamente 20 cm de terra. Para a vegetação, é importante que a espécie não cresça demasiadamente, possua raízes curtas e se comporte bem à exposição direta do sol e chuva.

9. METODOLOGIA

Baseado no livro “Métodos de Pesquisa”, de Gerhardt e Silveira (2009), a estrutura metodológica da presente pesquisa se classifica da seguinte maneira: segundo os objetivos, é uma pesquisa predominantemente explicativa. Este tipo de pesquisa preocupa-se em identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2002). Ou seja, este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos. Segundo Gil (2002, p.43), uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este seja suficientemente descrito e detalhado. Pesquisas desse tipo podem ser classificadas como experimentais.

Quanto à sua abordagem, trata-se de uma pesquisa de abordagem mista (quantitativa e qualitativa). Em função desta caracterização, as técnicas de coleta de dados previstas são: revisão bibliográfica sistematizada e levantamento de quantitativo de materiais empregados na edificação. As etapas estão definidas no fluxograma da Figura 5.

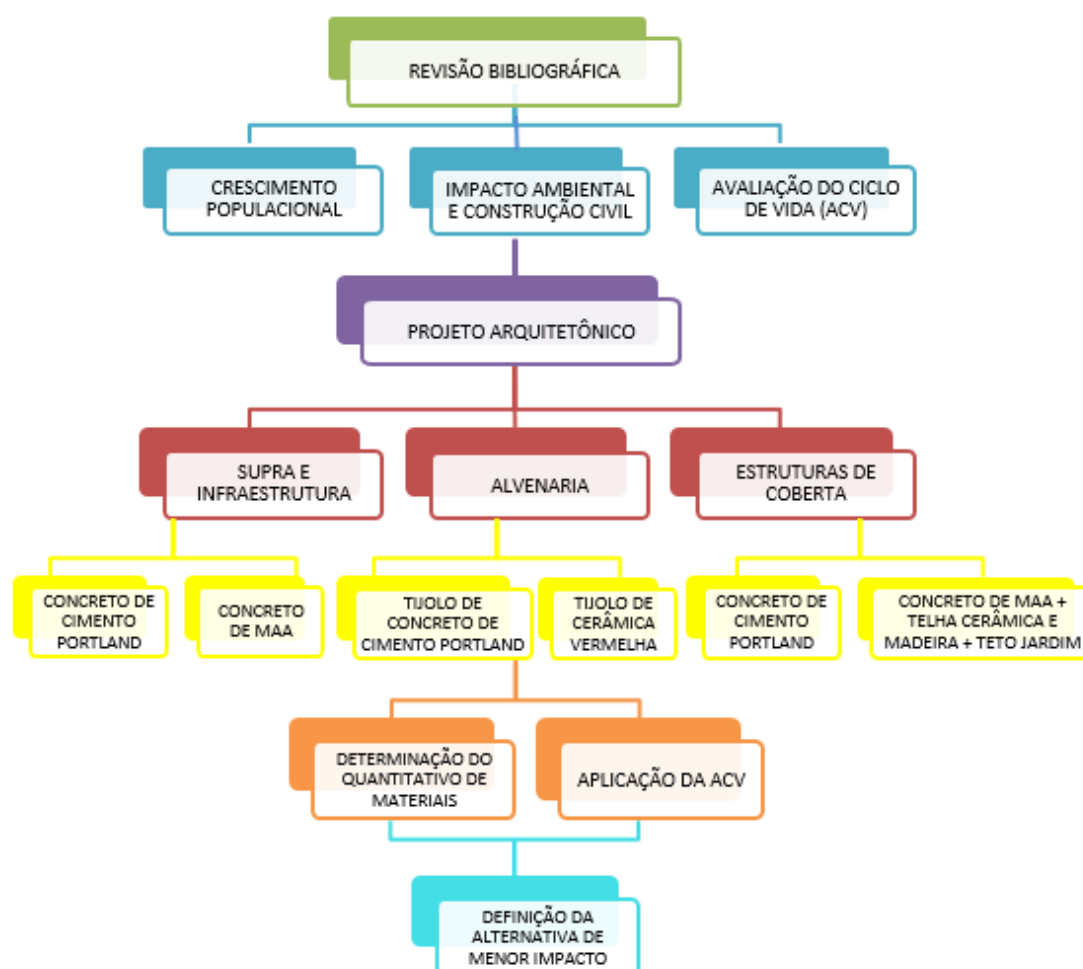


Figura 5: Fluxograma das etapas do trabalho.

Fonte: Produzido pela autora.

9.1. Pesquisas Bibliográficas

Na primeira etapa do estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica. Consultas à bibliografia clássica, artigos atuais, pesquisas em sites, livros e revistas, além de coletas de dados normativos, em temas relativos à impacto ambiental, arquitetura sustentável, industrialização na construção civil, ACV, entre outros, serviram de embasamento teórico para desenvolvimento da pesquisa.

9.2. Elaboração de Projetos

A elaboração dos projetos de fundações, pilares, vigas, lajes e de alvenaria foi originando a partir do projeto arquitetônico da Casa Ecoeficiente do CEAR. Os mesmos serviram de base para quantificar os materiais a serem utilizados em cada projeto, considerando a comparação entre dois materiais distintos para cada etapa de serviço: Infra e Supraestrutura (Concreto de MAA e Concreto Portland), Blocos de Vedação (Blocos Cerâmicos e Blocos Pré-moldados de Concreto a base de Cimento Portland) e material de Cobertura (Laje de Concreto a base de Cimento Portland e Teto Jardim a base de Concreto de MAA).

Em ambos os casos serão avaliados o impacto ambiental gerado por cada material através a obtenção das emissões de CO₂ e a demanda de energia para a confecção de cada material, a fim de determinar o potencial sustentável desses materiais. Para tal avaliação foi utilizada metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida apoiada pelo *software* SimaPro®, visto o mesmo ser uma ferramenta flexível que possibilita a análise e o monitoramento ambiental de produtos, serviços e processos dentro da perspectiva de Pensamento do Ciclo de Vida. O SimaPro® é um *software* desenvolvido para ACV, seguindo as recomendações das normas ABNT NBR 14040 e 14044.

9.3. Determinação do Tipo de ACV

Nesta pesquisa, a avaliação foi realizada utilizando o *software* SimaPro® 8.2.0.0 (2016), pois é uma ferramenta flexível que possibilita a análise e o monitoramento ambiental de produtos, serviços e processos dentro da perspectiva da ACV do tipo *cradle-to-gate*, integrados a base de dados do Ecoinvent (2013) e utilizando o método IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013). Tal método explica-se da forma que GWP é *Global Warming Potential*, ou seja, Potencial de Aquecimento Global, calculado em kgs de CO₂ equivalentes no período de 100 anos, isto é, o impacto no aquecimento global do Planeta mediante a emissão direta e indireta de gás estufa medido no período de 100 anos.

Para esta avaliação do ciclo de vida dos dois tipos de blocos, o tradicional, de argila vermelha, e o de concreto tradicional, foram desconsideradas algumas etapas comuns aos dois materiais. Tal limitação é comum na realização de ACVs, chamado no âmbito internacional de *cradle-to-gate*, como muitos pesquisadores vêm praticando (HABERT; D'ESPINOSE DE LACAILLERIE; ROUSSEL, 2011). Sabe-se que com essa análise, considera-se que a vida útil dos dois tipos de materiais é igual, o que não é uma informação real, no entanto, ACVs não são isentas de problemas. Para considerar o seu desempenho a longo prazo, e assim conseguir realizar uma ACV completa, ou *cradle-to-grave*, seria necessário avaliar questões como as condições climáticas as quais os materiais seriam submetidos, por exemplo, o que dificultaria ou até impossibilitaria a realização desta análise.

9.4. Coleta de Dados e Diagnóstico

Segundo Edwards (2005), há vários instrumentos para avaliar tipologias específicas e quase todos utilizam uma base comum. A maioria dos desenvolvidos no Reino Unido provém do *Building Research Establishment* (BRE) e é aplicada às tipologias mais comuns, como residências, escolas e escritórios. Apesar de inicialmente voltados para a conservação energética, ampliaram sua abordagem para uma grande variedade de questões ambientais, ecológicas e relacionadas a saúde.

Entre eles, o BREEAM (2017), constitui-se de uma tabela de pontuação que permite comparar diferentes estratégias de projeto antes do início de sua construção. Os diferentes fatores adotados, que também serão critérios de avaliação da Casa Ecoeficiente do CEAR, entre outros, são:

- Emissões de CO₂ com medidas de referência quantificadas;
- Características saudáveis da edificação;
- Qualidade do ar e ventilação;
- Minimização da chuva ácida e dos danos à camada de ozônio;
- Reciclagem e reuso dos materiais;
- Ecologia do Terreno;
- Conservação da Água;
- Ruído;
- Risco de Legionelose;
- Materiais Perigosos;
- Iluminação.

Nessa etapa, apenas será avaliada a questão da pegada do carbono para os dois tipos de blocos, sendo utilizado o *software* AutoCad® para o desenvolvimento do projeto de alvenaria. Para a próxima etapa, será utilizado o *software* SimaPro®, sendo um dos mais utilizados para análises da emissão de kg CO₂-eq por m³, causados pela utilização da matéria prima necessária na fabricação dos blocos. Isto permitirá a quantificação dos impactos ao longo de toda a cadeia do valor dos produtos e o indicativo da melhor solução, ou seja, aquela que menos impactará o meio ambiente.

10. PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico e sua maquete foi desenvolvido no Centro de Energias Alternativas e Renováveis – CEAR da UFPB, pelos arquitetos Antônio Claudio Massa e Rafael Carvalho Abrantes, alunos do Programa de Pós-Graduação em Energias Alternativas e Renováveis – PPGER. O terreno escolhido para elaboração do projeto arquitetônico residencial unifamiliar está localizado nas instalações da própria universidade, na cidade de João Pessoa, Paraíba, no Bairro Castelo Branco, conforme mostram as Figura 6 e 7.



Figura 6: Localização da cidade de João Pessoa (em vermelho) no Estado da Paraíba.
Fonte: Adaptado de Mapas para Colorir, 2017.

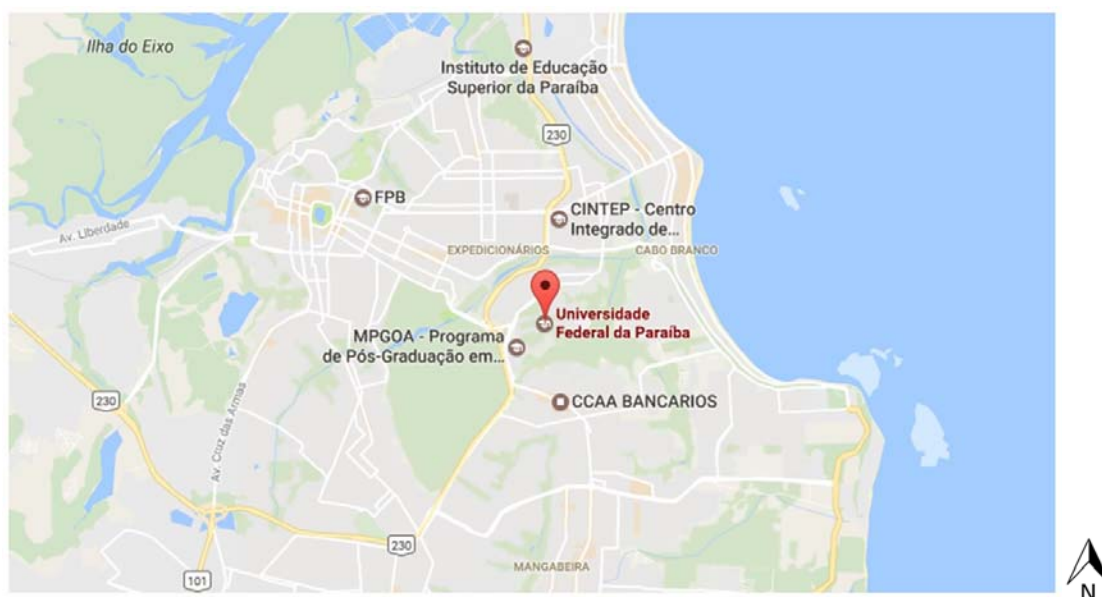


Figura 7: Marcação (em vermelho) da UFPB na cidade de João Pessoa.
Fonte: Google Maps alterado pela autora, 2017.

A residência será construída em área previamente estabelecida dentro dos limites do LES/CEAR, com área construída de aproximadamente 134,90 m² (Figura 8).

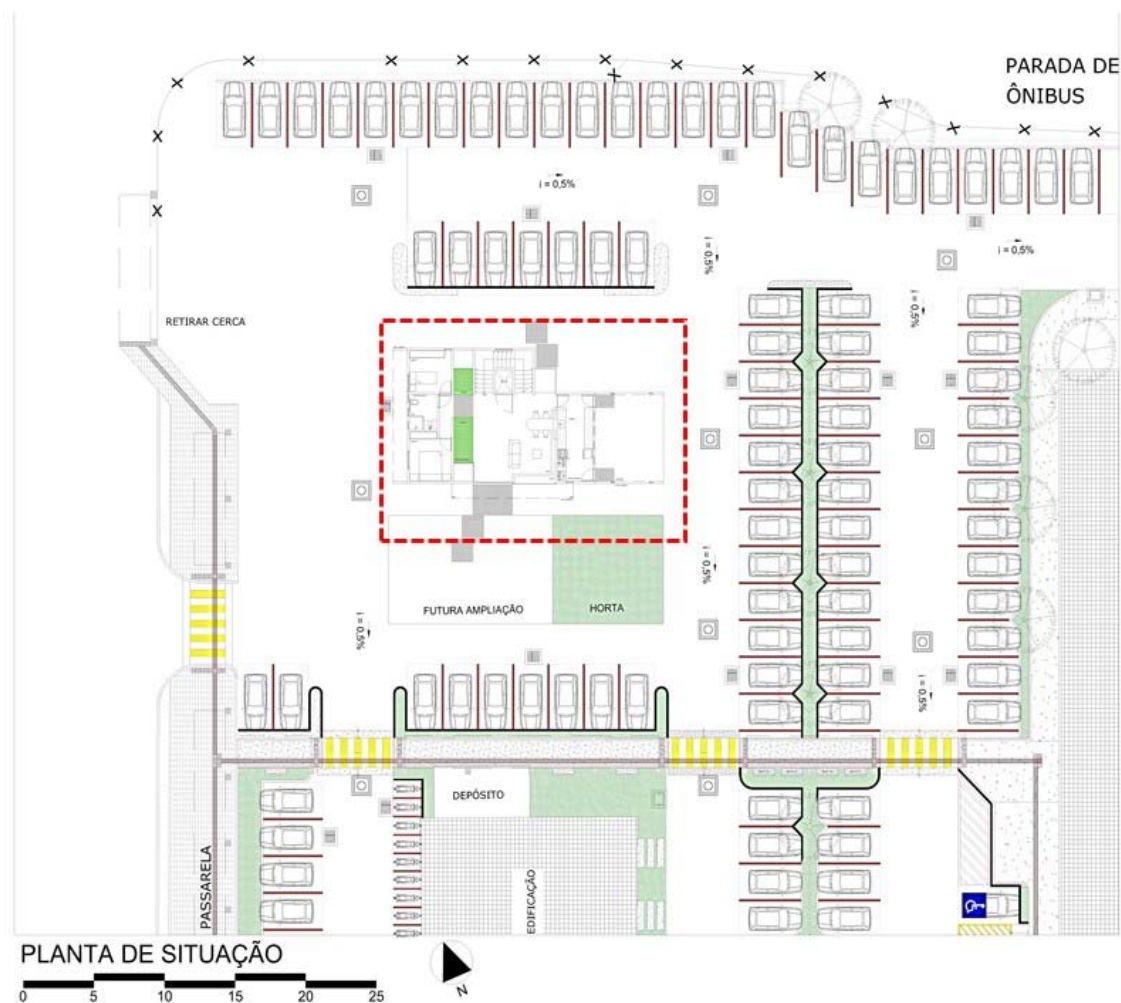


Figura 8: Planta Situação da Habitação Ecoeficiente (em vermelho) na UFPB, cidade de João Pessoa.
Fonte: Arquivos CEAR.

Segundo o Memorial Descritivo do projeto (ver Anexo II), a construção é composta por um total de 09 (nove) ambientes distribuídos em dois Pavimentos na edificação (Térreo e 1º pavimento) interligados por uma escada e uma plataforma, conforme a Figura 9. Os ambientes da edificação estão distribuídos entre 02 (dois) Quartos, 01 (um) WCB acessível, 01 (uma) Garagem, Sala para dois ambientes, Cozinha, Serviço, Sala de acesso à caixa d'água e laje de monitoramento (ver Projeto Arquitetônico no Anexo I).

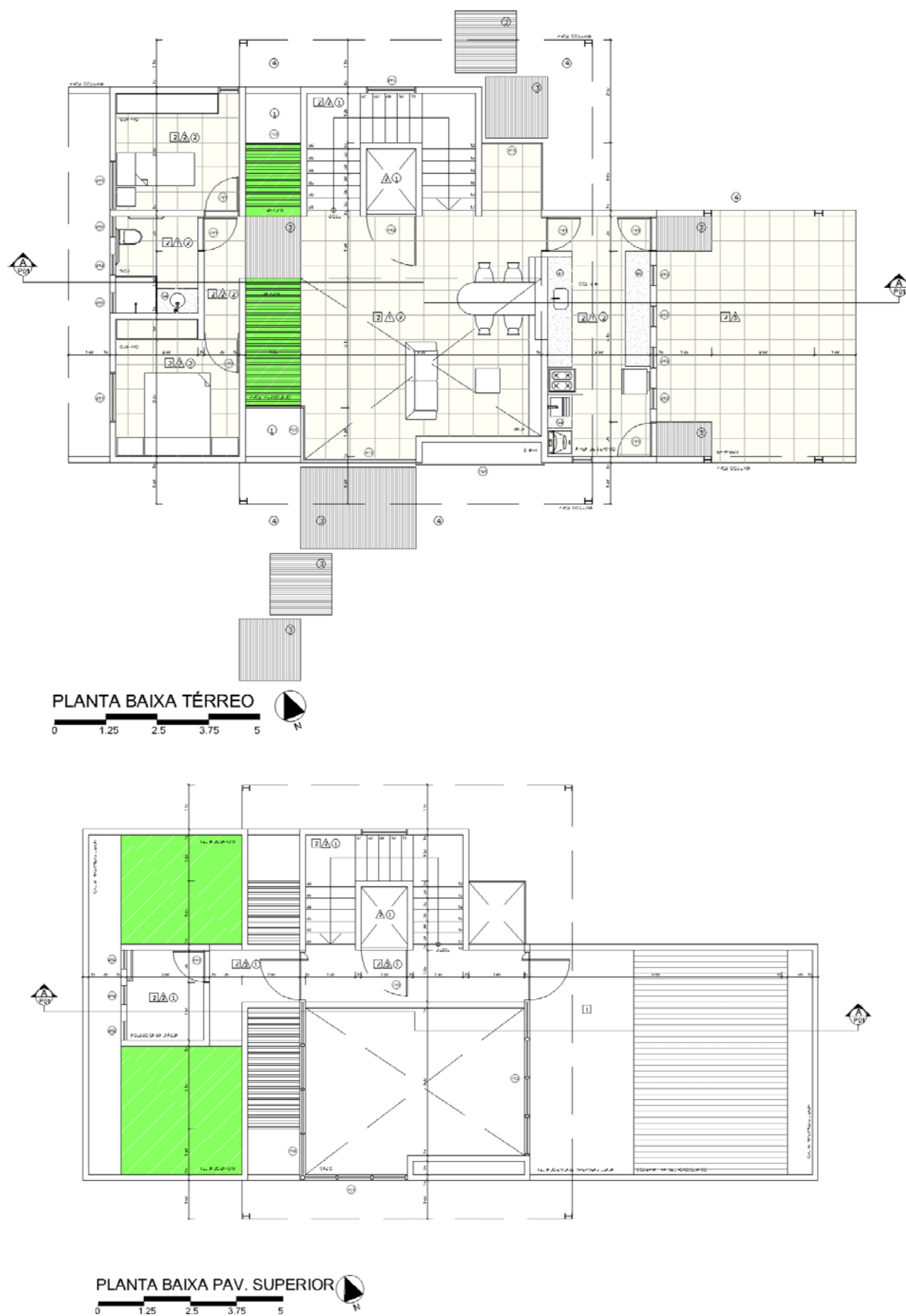


Figura 9: Plantas Baixas do Pavimento Térreo e do Pavimento Superior da Habitação Ecoeficiente da UFPB, localizada na cidade de João Pessoa.
Fonte: Arquivos CEAR.

O projeto de blocos para alvenaria foi executado baseado no projeto arquitetônico, além de estar em conformidade com as normas técnicas e obedecendo às dimensões e aos alinhamentos determinados no projeto. Entre cada bloco foi considerado um espaço de um centímetro referente às juntas. As fiadas obedeceram rigorosamente ao projeto, sendo perfeitamente niveladas, alinhadas e aprumadas.

11. ESCOLHA DOS MATERIAIS

Todos os materiais da Casa Ecoeficiente do CEAR foram escolhidos com o objetivo de empregar a ACV para determinar a opção de menor impacto ambiental através da menor emissão de CO₂-eq. Visto isso, para a supra e infraestrutura (fundações, pilares, vigas e lajes) foram empregados dois tipos de concreto (o tradicional, a base de cimento Portland, e o de concreto de MAA), para as paredes de vedação, foram analisados blocos cerâmicos e blocos de concreto tradicional e para a estrutura de cobertura, foram avaliadas lajes de concreto tradicional a base de cimento Portland com 11 cm e lajes de concreto de MAA, bem como partes em teto verde (ou teto jardim) e telha cerâmica.

11.1. Determinação da Supra e Infraestruturas

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). No caso da Casa Ecoeficiente do CEAR, foram utilizados dois tipos de concreto para a supraestrutura (pilares, vigas e lajes), e para a infraestrutura (fundação). O projeto Estrutural (ver Projeto Estrutural no Anexo III) foi executado por profissional qualificado que colaborou com o desenvolvimento da pesquisa.

A Estrutura Tradicional, ou seja, a base de cimento Portland foi produzida com um cimento CPII-Z, que possui de 6 a 14% de argila, além de ser bastante utilizado no estado da Paraíba, agregados naturais (areia natural e brita calcária), água e aditivo (1% do teor de cimento) com um traço de 1:1,74:2,87 e fator a/c de 0,47, apresentando uma resistência de 25 MPa aos 28 dias, segundo a norma ABNT NBR 6118 que aborda o procedimento adotado para o projeto de estruturas de concreto (ABNT, 6118).

Segundo Gomes (2011), as estruturas de concreto a base de MAA são oriundas da ativação alcalina de metacaulinita por uma solução de silicato e hidróxido de sódio acrescido de água e dos mesmos agregados naturais da fundação de concreto tradicional em traço, aproximadamente, equivalentes. Foi empregado a razão de 1, aproximadamente, entre a solução alcalina e o metacaulim visando conferir boa trabalhabilidade e resistência mecânica ao concreto de MAA, conforme observado na literatura (BORGES et al., 2014)

11.2. Determinação dos Blocos de Vedação

Para a determinação dos blocos de vedação foram consideradas duas opções de materiais, sendo a primeira de blocos pré-moldados confeccionadas de concreto a base de Cimento Portland e areia e a segunda opção de blocos a base de cerâmica vermelha.

Os blocos de vedação a base de Cimento Portland foram produzidos com um cimento CII-F, areia natural em diferentes granulometrias, água e aditivo com um traço de 1:4,25. Já o bloco cerâmico 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, escolheu-se o bloco cerâmico de vedação com dimensões 11,5x19x24 (cm) e o meio bloco com dimensões de 11,5x 11,5x19 (cm). De acordo com o fabricante (CINCERA, 2017), os blocos escolhidos são, aproximadamente, 35% mais leves que os blocos de concreto. Além disso, os mesmos são assentados na vertical (furos para cima), de forma que a passagem dos eletrodutos possa ser feita sem a quebra do bloco e a instalação das caixas elétricas furadas em um único ponto, evitando-se assim, perda de material.

A utilização de blocos pré-moldados na alvenaria intertravada executado através de um projeto que indica a inserção de cada componente, dispensa diversas etapas de acabamento e não necessita de mão-de-obra especialmente capacitada para sua aplicação na obra, contribui para a industrialização na construção civil. Entretanto, o desenvolvimento deste tipo de componente deve seguir um método de concepção baseado em conceitos de racionalização e produtividade: padronização, organização da produção e coordenação modular, contribuindo, assim, para a redução do desperdício de materiais *in loco*, redução do custo, menor tempo na execução da obra, entre outros fatores.

Strati (2003) afirma que modular é a essência das primeiras operações do projeto, originando as mais complexas elaborações a partir da repetição de um único componente que, pela associação do módulo à regularidade geométrica, desenvolve-se a ponto de criar conjuntos harmoniosamente concebidos, dos quais cada componente é perfeitamente relacionado ao todo.

O projeto foi desenvolvido utilizando blocos de tamanho padrão, conforme a Figura 10.

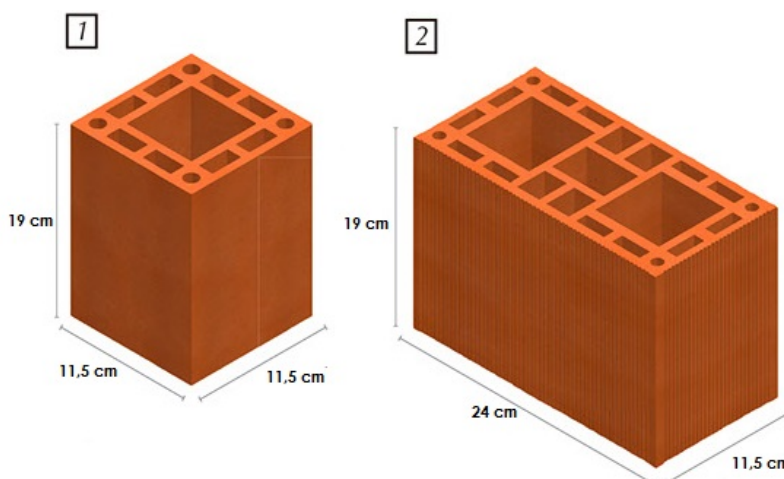


Figura 10: Blocos utilizados no projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.
Fonte: Produzido pela autora.

A partir da definição dos blocos utilizados, tornou-se possível desenvolver o projeto de alvenaria, conforme indica as Figuras 11 e 12 (Ver projeto completo no Anexo IV).

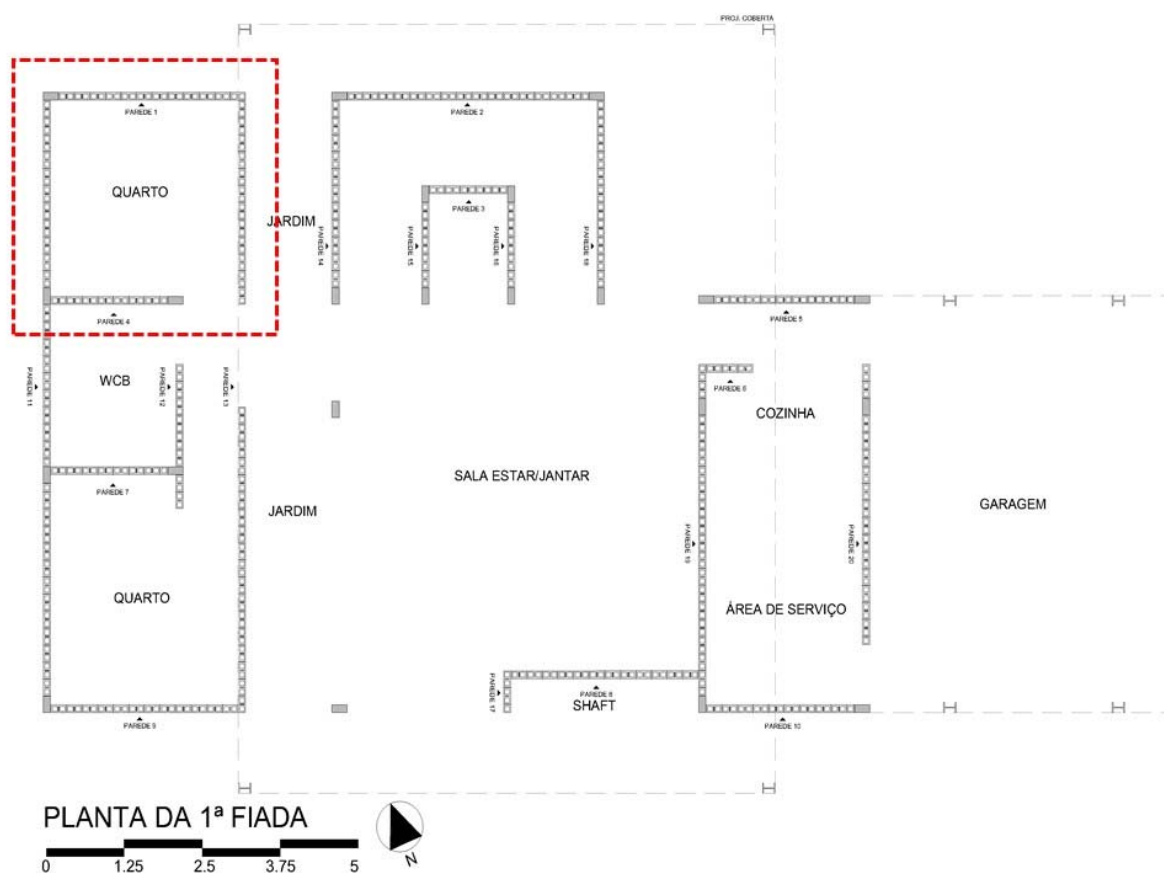


Figura 11: Planta da primeira fiada no projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.

Fonte: Produzido pela autora.

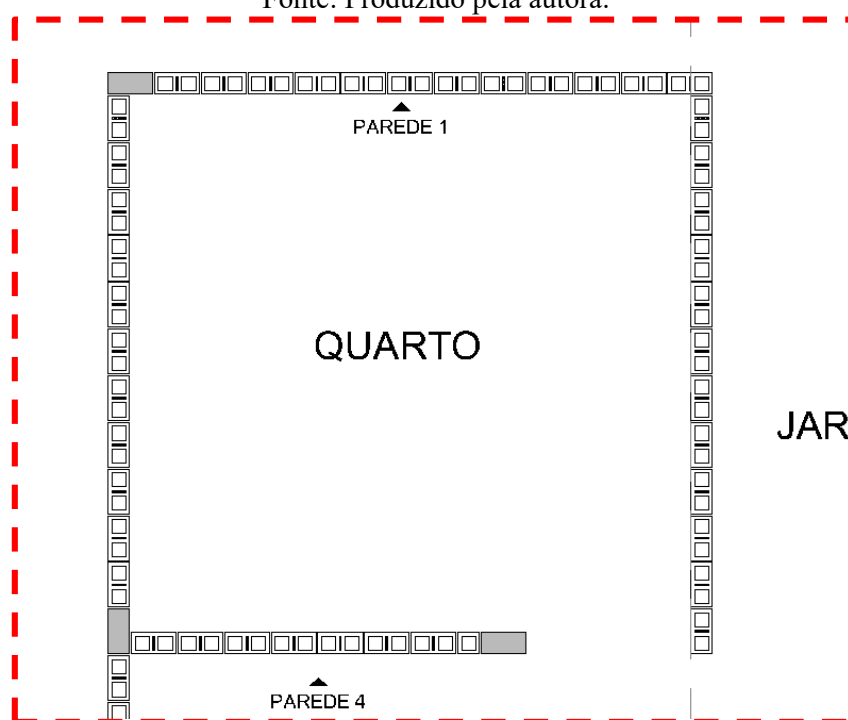


Figura 12: Detalhe da primeira fiada do quarto no projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.

Fonte: Produzido pela autora.

A partir da conclusão das plantas do projeto de alvenaria, a etapa seguinte foi desenvolver a elevação de todas as paredes da edificação, como pode ser observado na Figura 13 (ver Projeto de Alvenaria de Blocos completo no Anexo IV).

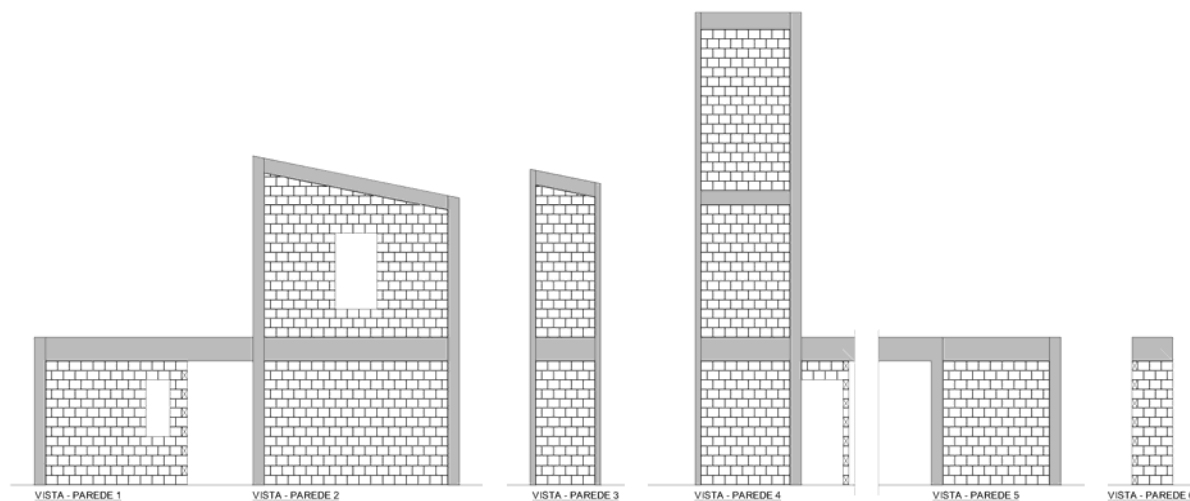


Figura 13: Elevação das paredes no Projeto de alvenaria na Habitação Ecoeficiente.

Fonte: Produzido pela autora.

A partir do projeto foi possível determinar a quantidade de blocos necessários à execução da obra e, com isso, a quantidade de material necessários para fabricar os blocos. Esse quantitativo de material foi implantado no SimaPro® para aplicação da ACV (SIMAPRO, 2016).

11.3. Determinação das Estruturas de Coberta

Umas das alternativas empregadas para avaliar o impacto da cobertura da Casa Ecoeficiente foi a telha cerâmica. Do ponto de vista da matéria-prima, o setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo monocomponente (só argila) e pode ser denominada de simples ou natural. Essa formulação de massa busca, em geral de forma empírica, uma composição ideal de plasticidade e fusibilidade, para propiciar trabalhabilidade e resistência mecânica na queima.

A preparação da massa é feita geralmente através da mistura de uma argila “gorda”, que é caracterizada pela alta plasticidade, granulometria fina, e composição essencialmente de argilominerais; com uma argila “magra”, esta rica em quartzo e menos plástica, podendo ser caracterizada também como material redutor de plasticidade. (MOTTA & ZANARDO, 2001). Segundo Motta & Zanardo (2001), o material argiloso - com teores adequados de fundentes e de substâncias formadoras de gases - é queimado em fornos rotativos, com altas temperaturas (1100-1200 °C), propiciando grande quantidade de fase vítrea.

Existem vários modelos de telhas cerâmicas, sendo a escolhida para a Casa Ecoeficiente a telha Paulista por ter um maior rendimento com um menor peso por m^2 , conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Rendimento de telhas por m^2 .

Rendimento de telhas por m^2				
Tipo de telha	Quantidade de telhas (m^2)	Peso (kg/m^2)	Peso máximo por m^2 com umidade	Quantidade de telhas ($100 m^2$)
Romana	16	48	58 kg	1600
Colonial	24	65	78 kg	2400
Paulista	26	69	83 kg	2600
Plan	26	72	86 kg	2600

Fonte: Produzido pela autora, baseada na ABNT: NBR 15310.

Para a cobertura, considerou-se importante avaliar duas alternativas, sendo: i) lajes em concreto tradicional de cimento Portland; ou ii) associação de lajes em concreto de MAA e teto jartim + telha cerâmica e madeira.

Sendo assim, as configurações de cada tipo de cobertura ficam melhor compreensíveis observando a Figura 14.

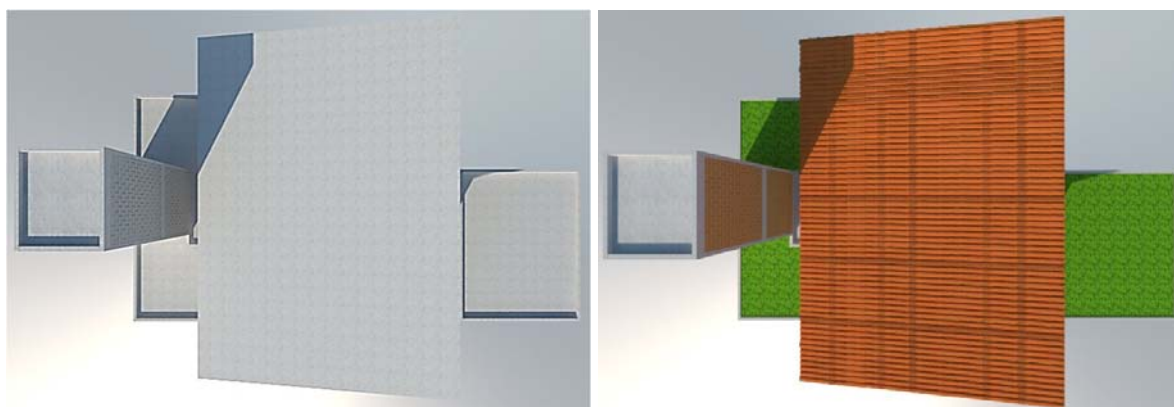


Figura 14: Alternativas de materiais para a cobertura da Casa Ecoeficiente do CEAR.

Fonte: Produzido pela autora.

A casa à esquerda representa as opções em concreto, tradicional ou de MAA. Já a casa a direita, representa uma associação de alternativas descrita anteriormente.

12. RESULTADOS

Para a estrutura (sapatas, pilares e vigas), vedação e cobertura foram consideradas duas opções a serem implantadas a ACV. As Figuras 15 e 16 apresentam a modelagem dessas alternativas construtivas.



Figura 15: Primeira alternativa construtiva da Casa Ecoeficiente na UFPB.
Fonte: Produzido pela autora.



Figura 16: Segunda alternativa construtiva da Casa Ecoeficiente na UFPB.
Fonte: Produzido pela autora.

Na primeira alternativa foi considerado o concreto a base de cimento Portland para a fundação, pilares, vigas e lajes de cobertura. Já na segunda alternativa, foi considerado o concreto de MAA para a fundação, pilares e vigas, além das lajes, ora só de concreto de MAA, ora o mesmo concreto associado à vegetação, mais conhecido como teto verde ou teto jardim e telha de cerâmica vermelha.

12.1. Supra e Infraestrutura

Através do projeto estrutural (ver Anexo III) compatibilizado pelo projeto arquitetônico, foi possível determinar as espessuras dos pilares e das vigas em 11,5 cm. Já com relação à largura, os pilares ficaram com 24 cm, mesma largura do bloco de alvenaria escolhido. As vigas tiveram sua altura determinada em 35 cm. Com isso, foi possível calcular a quantidade de concreto necessária à estrutura (Tabela 2).

Tabela 2: Quantitativo de concreto da estrutura da Casa Ecoeficiente na UFPB.

Estrutura	Quantitativos	
	Quant. Peças (Unid)	Quant. Concreto (m ³)
Fundação	30	30,6
Pilares	30	3,78
Vigas	36	10,43
Total	110	44,81

Fonte: Produzido pela autora.

Vale salientar que há uma diferença entre os quantitativos apresentados na Tabela 2 e os valores encontrados no Projeto Estrutural (Anexo III), em função da alteração das medidas de comprimento e largura dos pilares, resultado da compatibilização com o Projeto de Alvenaria.

Após a etapa de levantamento de material, foram considerados dois materiais distintos para aplicação da ACV no SimaPro®. Esse processo consiste em realizar o levantamento do quantitativo de toda a matéria-prima necessária à fabricação de cada material e implantá-las no *software* através da busca em seu banco de dados (ver Anexo V e VI). O *software* então gerou a rede da cadeia produtiva, expressando os resultados em kg CO₂-eq, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Emissões de kg CO₂-eq para cada tipo de concreto e seus constituintes por m³.

Constituintes	Emissões de kg CO ₂ -eq por m ³	
	Concreto Tradicional	Concreto de MAA
Cimento Portland	272,00	-
Metacaulim	-	47,80
Areia Natural	2,20	1,76
Brita Calcária	8,91	6,14
Aditivo	3,16	-
Água	0,10	0,07
Solução Alcalina	-	161,34
Total de kg CO₂-eq por m³	286,37	217,11
TOTAL DE kg CO₂-eq	12.832,23	9.728,69

Fonte: Produzido pela autora.

Pela Tabela 3, pode-se observar os resultados em termos de emissões de kg CO₂-eq para cada m³ de cada tipo de estrutura, bem como a contribuição de cada material constituinte. Percebe-se que os quantitativos de água, areia e brita variam entre os concretos em função do fck. Pode-se observar, ainda, que no caso da fundação tradicional, aproximadamente 95% de todo impacto ambiental gerado é oriundo do cimento Portland. Essa elevada contribuição está relacionada ao processo de clínquerização e toda sua demanda térmica (BORGES *et al.*, 2014).

No caso da fundação a base de concreto geopolimérico pode-se observar que a maior contribuição de kg CO₂-eq para cada m³ está relacionado com a obtenção da solução alcalina, em especial a demanda energética das etapas de fusão e dissolução do silicato de sódio (FAWER *et al.*, 1999), que equivalem a 74,3% do total de emissões desse tipo de fundação. Além destes, as emissões de CO₂ da fundação geopolimérica está relacionada, ainda, ao seu processo produtivo, em especial à obtenção do metacaulim, ou seja, proveniente da queima de combustíveis fósseis para fornecimento de calor (BORGES *et al.*, 2014). Contudo, comparando os dois tipos de fundações proposto, pode-se observar que a fundação geopolimérica apresenta um impacto ambiental menor comparado a fundação tradicional, na ordem de 24,2%.

Dentre os constituintes que obtiveram uma maior contribuição nas emissões de kg CO₂-eq foram o cimento Portland para a fundação tradicional e a solução alcalina na fundação geopolimérica. No primeiro tipo de fundação essa contribuição está relacionada ao processo de clínquerização e toda sua demanda térmica (BORGES *et al.*, 2014), enquanto na segunda está relacionada com as etapas de fusão e dissolução do silicato de sódio (FAWER *et al.*, 1999).

Esses dados foram considerados para cada m³ de material. Através do projeto estrutural, foi possível saber que a Casa Ecoeficiente necessita de 44,81 m³ de concreto. Isso nos possibilita entender que a emissão de CO₂ alcançou um total de 12.832,23 kg CO₂-eq para o concreto tradicional e 9.728,69 kg CO₂-eq para o concreto a base de MAA. Esses dados demonstram que, no âmbito dessa edificação residencial, haveria uma redução de 3103,54 kg CO₂-eq.

Vale ressaltar que não foram incluídos na pesquisa o impacto da armação da estrutura em função do mantimento do fck entre e os concretos e da dimensão dos elementos estruturais (fundação, pilares, vigas e lajes).

12.2. Blocos de Vedação

Após a compatibilização do projeto estrutural, a etapa seguinte foi a realização do projeto de alvenaria em blocos. Os tipos de blocos avaliados foram dois facilmente encontrados no mercado, o bloco cerâmico e o bloco de concreto a base de cimento Portland. Com a realização do projeto, foi possível contabilizar os blocos e determinar o total necessário para a alvenaria da edificação, para, então, aplicar a ACV, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Quantitativo de blocos utilizados no projeto da Habitação Casa Ecoeficiente na UFPB.

Quantitativo de Blocos		
Elevação	Bloco de 11.5 cm (Unid)	Bloco de 24 cm (Unid)
Parede 01	12	135
Parede 02	36	387
Parede 03	27	127
Parede 04	50	315
Parede 05	12	111
Parede 06	6	39
Parede 07	44	308
Parede 08	-	162
Parede 09	6	156
Parede 10	19	93
Parede 11	70	664
Parede 12	88	378
Parede 13	10	403
Parede 14	28	316
Parede 15	28	131
Parede 16	26	127
Parede 17	24	274
Parede 18	7	26
Parede 19	21	194
Parede 20	25	179
Total	539	4525

Fonte: Produzido pela autora.

Sabe-se que os blocos utilizados para alvenaria podem ser: perfurados, com paredes maciças ou furadas. No caso, o utilizado nesta pesquisa é o perfurado, portanto, é importante destacar que para contabilizar o quantitativo de material por bloco deve-se considerar a relação entre a área líquida e bruta, que deve ser menor que 75%, caso contrário, é considerado um bloco maciço. Entretanto, em geral, considera-se essa relação em torno de 50%.

Assim sendo, o volume de matéria prima necessária para confecção dos blocos pode ser calculado da seguinte maneira, conforme a Tabela 5.

Tabela 5: m³ de matéria prima necessária para confecção dos blocos de alvenaria da Casa Ecoeficiente na UFPB.

Quantitativos		
	Bloco de 11.5 cm (Unid)	Bloco de 24 cm (Unid)
Volume (m ³) de um bloco	0,00125	0,00262
Total de Blocos (un)	539	4025
Volume Total (m³)	0,673	10,55
TOTAL (m³)	11,223	

Fonte: Produzido pela autora.

Portanto, os valores dos respectivos componentes em estudo, determinados em função da quantidade de blocos necessários para a alvenaria da edificação, foram lançados no *software* SimaPro® para que este gerasse a rede da cadeia produtiva, expressando os resultados em kg CO₂-eq. A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos com relação aos impactos ambientais de cada tipo de material, cerâmica vermelha ou concreto, bem como a contribuição de cada componente nesse impacto.

Tabela 6: Quantitativo de Emissões de kg CO₂-eq para cada tipo de material e seus constituintes por m³ para confecção dos blocos para alvenaria da Habitação Ecoeficiente na UFPB.

Emissões de kg CO₂-eq por m³		
Constituintes	Bloco de Concreto	Bloco de Cerâmica Vermelha
Cimento Portland	375	-
Areia Fina	0,822	-
Areia Média	18,3	-
Aditivo Plastificante	4,35	-
Água	0,0783	-
Argila	-	9,3
Lenha	-	30,3
Diesel	-	9,03
Eletricidade	-	9,39
Total de kg CO₂-eq por m³	398	299
TOTAL DE kg CO₂-eq	4.466,75	3.355,67

Fonte: Produzido pela autora.

Pela Tabela 6, pode-se observar os resultados em termos de emissões de kg CO₂-eq para cada m³ de cada tipo de material, bem como a contribuição de cada um dos seus constituintes. Pode-se observar, ainda, que no caso do concreto, aproximadamente 95% de todo impacto ambiental gerado, como já visto anteriormente é oriundo do cimento Portland, pelo seu processo de cliquerização (BORGES *et al.*, 2014).

No caso da alvenaria a base de cerâmica vermelha, pode-se observar que a maior contribuição de kg CO₂-eq para cada m³ está relacionado com a demanda de energia elétrica necessária, em especial com a sua queima, que equivalem a aproximadamente 16% do total de emissões desse tipo de matéria-prima. Contudo, comparando os dois tipos de alvenaria propostas, pode-se observar que a composta por blocos em cerâmica vermelha apresenta um impacto ambiental menor comparado à tradicional na ordem de 25%.

É importante ressaltar que a soma dos itens da argila na Tabela 6 não resulta no valor total demonstrado na mesma, pois existem emissões inerentes à queima que não foram exibidas no *software*, como lascas de madeira, componentes da argila, níveis de calor em pequena escala, entre outros elementos, com um corte de 1,69% na visualização, que identifica os processos mais impactantes do componente.

É importante mencionar que o banco de dados no *software* SimaPro® foi adaptado com relação à lenha na fabricação dos tijolos e telhas de cerâmica vermelha em função dos fornos que a utilizam no estado da Paraíba para queima de tal matéria-prima.

12.3. Estruturas de Coberta

Com relação à cobertura, foram comparados os dados entre lajes de concreto à base de cimento Portland e Lajes de concreto de MAA associadas ao teto jardim e telha de cerâmica vermelha. Sendo assim, foi realizado o levantamento do quantitativo de material necessários a cada uma das alternativas, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7: m³ de matéria prima necessária para confecção das estruturas de cobertura da Casa Ecoeficiente na UFPB.

	Quantitativos			
	Quant. de Peças (Unid.)	Quant. de Material (m ³)	Emissões de kg CO ₂ -eq por m ³	Total de emissões de kg CO ₂ -eq
Laje de Concreto	14	20,32	398	8.087,36
Laje de MAA	13	9,50	299	2.840,50
Telha Cerâmica	01	0,36	299	107,64
Madeira Eucalypto	01	1,08	16,5	17,82
Teto Jardim	04	6,73	46,40	312,27

Fonte: Produzido pela autora.

É importante destacar que o metro cúbico de cada material foi calculado em função de sua densidade. Além disso, foi necessário desenvolver o projeto da cobertura em madeira para determinar as dimensões e quantidades de terças, caibros e ripas para obter o volume total de madeira necessário à sua execução, conforme a Figura 17. Salienta-se que existe um apoio (viga) central nas terças de madeira de 8,54m com o objetivo de evitar a selagem das mesmas.

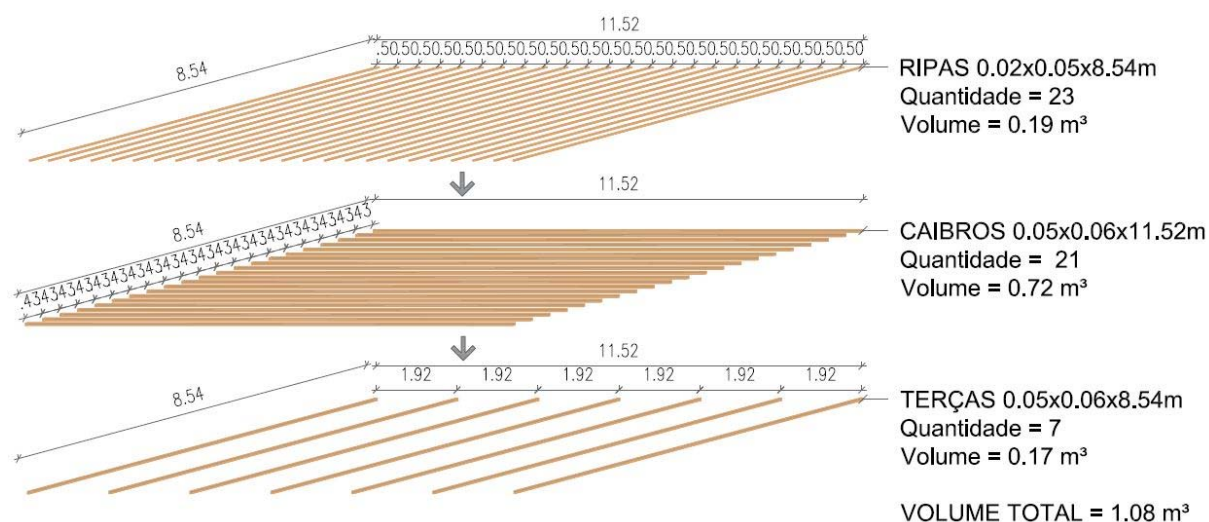


Figura 17: Volume de madeira necessário para as terças, caibros e ripas da estrutura de cobertura em madeira e telha cerâmica da Casa Ecoeficiente na UFPB.

Fonte: Produzido pela autora.

Se fez necessário, ainda, quantificar cada material para execução do teto jardim e suas emissões, totalizando 46,40 kg CO₂-eq, sendo que aproximadamente 45% desse total foi obtivo pela manta asfáltica, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Quantitativo de Emissões de kg CO₂-eq para cada tipo de material por m³ e total para confecção do teto jardim da Habitação Ecoeficiente na UFPB.

Constituintes	Emissões de kg CO ₂ -eq por m³		Total de emissões de kg CO ₂ -eq
	Quant. de Material (m³)	Emissões de kg CO ₂ -eq por m³	
Terra	0,47	5	2,35
Manta Asfáltica	0,06	347	20,82
Semente de grama	0,06	302	18,12
Brita	0,33	15,5	5,11
Total de kg CO₂-eq			46,40

Fonte: Produzido pela autora.

Sendo assim, pode-se observar que o material que possui a maior emissão de kg CO₂-eq por m³ é o concreto a base de cimento Portland, seguido do concreto de MAA e da telha cerâmica de argila vermelha. O total de emissão de kg CO₂-eq por m³ foi calculado em função da quantidade de material necessária para cada alternativa construtiva da cobertura. Com esse total, foi possível determinar qual alternativa de cobertura obteve a menor emissão, conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Quantitativo de Emissões de kg CO₂-eq para cada alternativa de cobertura da Habitação Ecoeficiente na UFPB.

Emissões de kg CO₂-eq		
Constituintes	Alternativa de Coberta 01	Alternativa de Coberta 02
Laje de Concreto	8.222,68	-
Laje de MAA	-	2.840,50
Telha Cerâmica	-	107,64
Madeira Eucalypto	-	17,82
Teto Jardim	-	312,27
Total de kg CO₂-eq	8.087,36	3.278,23

Fonte: Produzido pela autora.

Com isso, conclui-se que a alternativa de cobertura que representa a menor emissão de kg CO₂-eq é a alternativa 02, composta pela associação de Laje de MAA com telha cerâmica e madeira e o teto jardim, representando uma emissão 60% menor em relação à primeira alternativa em concreto de cimento Portland.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultados complementares desse trabalho pode-se destacar o artigo (Anexo XIV) intitulado “Materiais de Construção Sustentáveis: Avaliação do Ciclo de Vida de Concretos a Base de Cimento Portland e de Materiais Alcalinamente Ativados” que foi apresentado no II Congresso Luso Brasileiro de Materiais de Construções Sustentáveis realizado na cidade de João Pessoa/PB em novembro de 2016, no formato apresentação oral.

Os problemas ambientais agravam-se à medida que o processo de urbanização intensifica. Dentre as questões ambientais destaca-se os problemas decorrentes da poluição atmosférica e os níveis da poluição que representam hoje, risco efetivo à saúde da população dos grandes centros urbanos. Ressalta-se, entretanto, que os problemas gerados pela poluição do ar nos grandes centros urbanos não são decorrentes exclusivamente da quantidade e diversidade de poluentes concentrados na atmosfera. É importante considerar a atuação da atmosfera, no sentido de contribuir para melhor dispersar e/ou concentrar poluentes atmosféricos.

Desta forma, a cidade e, conseqüentemente, sua expansão, modifica o clima em função da alteração da superfície e como consequência produz um aumento de calor, pois há modificações na ventilação (edificações verticalizadas), na umidade do ar e ainda sobre as precipitações, podendo ser mais acentuadas.

Como foi apresentado no decorrer do texto, este trabalhou possibilitou alguns resultados preliminares referentes às etapas da edificação, tais como: supra e infraestrutura, alvenaria e estruturas de cobertura. Ainda assim, pode-se ser observado uma pequena noção da dimensão do impacto que uma residência unifamiliar pode causar ao meio ambiente, quando somamos esses valores, conforme destacado na Tabela 10.

Tabela 10: Total de emissão de kg de CO₂-eq da Habitação Ecoeficiente da UFPB.

Emissões de kg CO₂-eq		
Constituintes	Alternativa 01	Alternativa 02
Supra e Infraestrutura	12.832,23	9.728,69
Alvenaria	4.466,75	3.355,67
Estruturas de Coberta	8.087,36	3.278,23
Total de kg CO₂-eq	25.386,34	16.362,59

Fonte: Produzido pela autora.

A utilização do Software SimaPro® para aplicação da ACV integrados à base de dados do Ecoinvent e utilizando o método IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013), tornou possível identificar a opção com menor impacto ambiental entre as alternativas de materiais existentes para cada etapa da construção.

Na supra e infraestrutura foram comparados através da ACV dois materiais: o primeiro, o concreto tradicional a base de cimento Portland composto por: cimento, areia, brita e água com utilização de aditivo; o segundo, concreto de MAA, composto por: metacaulim, areia natural, brita calcária, água e uma solução alcalina a base de silicato de sódio e hidróxido de sódio. Já para a alvenaria, foram comparados blocos de concreto tradicional e cerâmica vermelha. Por fim, para a cobertura, a primeira alternativa foram lajes de concreto tradicional a base de cimento Portland e, a segunda alternativa, uma associação de laje de MAA, madeira e telha de cerâmica vermelha e teto jardim.

Foi possível observar uma redução de aproximadamente 35% no impacto ambiental causado pela escolha adequada de materiais (alternativa 02 em detrimento da alternativa 01) com uma redução de 9.023,75 kg CO₂-eq. Desta forma, os materiais de construção alternativos se mostraram uma opção a ser considerada, na edificação que objetiva um menor impacto ambiental. Com isso, a ACV mostrou-se como uma ferramenta importante, aplicável para projetistas, e eficiente como instrumento de apoio na seleção de materiais de construção mais sustentáveis. A metodologia proposta, orientada pelo projeto arquitetônico e estrutural, avaliando os materiais por cada etapa de construção tornou possível alcançar os objetivos da pesquisa de forma organizada e de fácil compreensão. A revisão bibliográfica e documental exaustiva, foram importantes para definição dos materiais a serem avaliados.

No tocante a investimento nas Construções Ecoeficientes, as mesmas não beneficiam apenas seus moradores, mas os empreendedores também podem promover o alto desempenho ambiental, aumentando suas vendas; os arquitetos e engenheiros podem demonstrar as resoluções ambientais de seus projetos de forma quantificada; os proprietários podem avaliar sua propriedade a partir de uma perspectiva de redução de custos; e os empregadores podem garantir um ambiente saudável aos seus funcionários.

Espera-se, como o desenvolvimento dessa pesquisa, contribuir para os estudos acerca da sustentabilidade e da eficiência energética, além de uma maior disseminação na sociedade sobre a importância da redução do consumo e os benefícios do conforto ambiental, bem como os conceitos e boas práticas no setor da construção civil.

14. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No decorrer da pesquisa, devido ao tempo restrito, alguns assuntos relevantes ficaram limitados, e outros, de maneira diferente, foram detalhados e esclarecidos, mas percebeu-se a necessidade de um maior aprofundamento nos seus conteúdos. Para ambos os casos, futuras investigações tornam-se pertinentes. A seguir, ficam descritas as principais sugestões:

- ***A queima da argila em fornos a lenha:*** a base de dados do software SimaPro® foi alterada em função da realidade paraibana, que possui, em sua maioria, fornos a lenha para a queima da argila. Não foram considerados fornos a gás, biodiesel ou elétricos, o que pode sugerir uma pesquisa futura correlacionando os tipos de fornos para queima dessa matéria prima e suas respectivas emissões;
- ***Absorção de CO₂ pela vegetação:*** As plantas verdes absorvem CO₂ durante a fotossíntese. Em todo o reino vegetal, as florestas proporcionam o mais longo do ciclo de estocagem de carbono, em forma de madeira e acumulação no solo, por centenas de anos antes de retornar à atmosfera através da respiração, decomposição, erosão ou queima. O estoque que está absorvendo carbono é chamado de “poço” (sink), e o estoque que está liberando carbono é chamado de “fonte” (source). Portanto, áreas florestais são consideradas poços de carbono (carbon sinks) (TOTTEN, 2000). Sendo assim, a pesquisa sugere que, além de avaliar a emissão de CO₂ pelos componentes do teto jardim, avalie-se a absorção do CO₂ pela vegetação indicada;
- ***Substituição do silicato de sódio no concreto de MAA:*** durante as pesquisas sobre o concreto de MAA, percebeu-se que cerca 75% da emissão de CO₂ foi proveniente do silicato de sódio. Segundo John (1995), a utilização de tal matéria prima como aglomerante elimina a etapa de calcinação no concreto, o que permite a redução do consumo de energia, além de ser um resíduo que se acumula nas usinas. Por outro lado, são produzidas por altos fornos a carvão vegetal, aumentando a quantidade de kg de CO₂-eq emitido. Sendo assim, tem-se como sugestão a substituição desse material pela água de lavagem do biodiesel, um resíduo rico em álcalis passíveis de aplicação na síntese alcalina e já vem sendo estudado na UFPB, demonstrando ser uma opção viável dentre os materiais de construção sustentáveis (TEMOTEO, 2011);

Deve ficar claro que as considerações propostas não representam a totalidade do desenvolvimento da pesquisa de materiais de construção sustentáveis, mas sim, um passo adiante no longo caminho a ser percorrido, sendo uma medida inicial diante dos grandes problemas ambientais da realidade cotidiana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT). NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

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. ABNT: NBR 15270-2

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 15310: Componentes cerâmicos — Telhas — Terminologia, requisitos e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2005.

ACV BRASIL. **Versões e Funcionalidades do SimaPro®**. Disponível em: <http://acvbrasil.com.br/software/simapro?gclid=CjwKEAjwoLfHBRD_jLW93remyAQSJABlygGpxB6ftEK-Ng7OiCJey6f-bLcS12RYCrh-UsmBnsgc4BoCqmbw_wcB>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

AFNOR, Associação Francesa de Normalização. **Analyse du cycle de vie**. Définition, déontologie et méthodologie. AFNOR 1994. 19 p.

AGENDA 21: **Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento** - São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1997.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Blucher, 2011.

AGRAFIOTIS, C.; TSOUTSOS, T. Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review. **Applied thermal engineering**, v. 21, n. 12, p. 1231-1249, 2001.

ARAÚJO, A. F. *et al.* **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. 2002.

ARAÚJO, M. A. A moderna construção sustentável. **IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da**, 2008.

ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARREDO, J. I.; DEMICHELI, L. **Urban sustainability in developing countries megacities: modeling and predicting future urban growth in Lagos.** *Cities*, v. 20, n. 5, p. 297-310, 2003.

BASTOS, P. S. S. **Lajes de concreto.** Notas de aula. Universidade Estadual Paulista–UNESP. Bauru, 2005.

BORGES, P. H. R. *et al.* 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, 2014.

BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. **Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção.** Edições Ecopsy, 2006.

BREEAM. 2017. Disponível em: <<http://www.breeam.com/>>. Acesso em: 12 de abril de 2017.

CAMPOS, F. H. A. **Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto.** 2012.

CASADO, M. Greenbuilding, antes tarde do que nunca. **Revista Itambé–Sustentabilidade–Construção Sustentável–Responsabilidade Social e Ambiental**, 2009.

CINCERA. **Sistema de vedação racionalizado.** Cincera, construindo sonhos. Disponível em: <<http://www.cincera.com.br/vedacao.html>>. Acesso em julho de 2017.

CHING, F. DK; SHAPIRO, I. M. **Edificações Sustentáveis Ilustradas.** Bookman Editora, 2017.

CIB - Conseil International du Bâtiment. **Agenda 21 on sustainable construction.** CIB Report Publication - Netherlands, 1999. 120 p.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

CUNHA, E. G. **Elementos de arquitetura e climatização natural: método projetual buscando eficiência nas edificações** – Eduardo Gala da Cunha (org). Porto Alegre, 2006.

DAVIDOVITS, J. **Properties of Geopolymer Cements.** Geopolymer Institute, Alkaline Cements and Concretes, KIEV Ukraine, 1994.

DIAS, D.P.; THAUMATURGO, C. **Avaliação da aderência entre barras lisas de aço e concretos geopoliméricos.** CEP, v. 22, p. 270, 2001.

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

EDWARDS, B. **Rough guide to sustainability**. 2. Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005.

EPSTEIN. **Aquecimento Global**. Disponível em: <<https://www.comciencia.br>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

FAWER, M.; CONCANNON, M.; RIEBER, W. **Life cycle inventories for the production of sodium silicates**. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 4, n. 4, p. 207-212, 1999.

FONSECA, V. **Clima e saúde humana**. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju, SE, 2004.

FRANKL, P; RUBIK, F. **Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption of Patterns, Applications and Implications**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. 280p.

FUNDO MUNDIAL DA NATUREZA, 2016. "Disponível em< www.wwf.org.br>." Acesso em 6 de dezembro (2016).

FUTADA, S. M. *et. al.*, 2014. **Unidades de Conservação no Brasil**. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/conserva%C3%A7%C3%A3o-da-biodiversidade/2014-panorama-ambiental-global-4>>. Acesso em: 12 de março de 2017.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, p. 61, 2002.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.203. 2012.

GOMES, K.C. **Distribuição do Fe em Compósitos Geopoliméricos a base de precursores ricos em Ferro**. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba, 2011.

GRAEDEL, T.E. **Streamlined Life-Cycle Assessment**. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 310p.

GUINÉE, J. B.; HEIJUNGS, R. Life cycle sustainability analysis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 5, p. 656-658, 2011.

GURGEL, A. C.; MOREIRA, M.; SEABRA, Joaquim EA. Life cycle greenhouse gas emissions of sugar cane renewable jet fuel. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 24, p. 14756-14763, 2014.

HABERT, G.; DE LACAILLERIE, JB D.'Espinose; ROUSSEL, N. An environmental evaluation of geopolymer based concrete production: reviewing current research trends. **Journal of cleaner production**, v. 19, n. 11, p. 1229-1238, 2011.

HAUSCHILD, M.Z. Assessing Environmental Impacts in a Life Cycle Perspective. **Environmental Science and Technology**, v. 39, n.4, p. 81A-88A, 2005.

HENDRY, A. W. Masonry walls: materials and construction. **Construction and Building Materials**, v. 15, p. 323-80, December, 2001.

HOAN, D. J. **Population growth and sustainable development**. Lua Nova: Revista de Cultura e Política. CEDEC, n. 31, p. 57-78, 1993.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2016**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 de abril de 2017.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [STOCKER, T. F. et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ISO. International Organization for Standardization. ISO 14040. Environmental Management – Life Cycle Assessment – **Principles and Framework**. Geneva: ISO, 2006a. 20p.

_____. ISO 14044. Environmental Management – Life Cycle Assessment – **Requirements and Guidelines**. Geneva: ISO, 2006b. 46p.

_____. ISO/TR 14047. Environmental Management – Life Cycle Assessment – **Examples of Application** of ISO 14042. 2000a.

_____. ISO/TS 14048. Environmental Management – Life Cycle Assessment – **Data Documentation Format**. 2001.

_____. ISO/TR 14049. Environmenal Management – Life Cycle Assessment – **Examples of Application** of ISO 14041 for goal and scope definition and inventory analysis. 2000b.

JOHN, Vanderley M. **Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio**. São Paulo, 1995. 1p. – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

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

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building**. Canada: John Wiley & Sons, Inc.: 2009.

KENNEDY, C. *et al.* Developing a multi-layered indicator set for urban metabolism studies in megacities. **Ecological Indicators**, v. 47, p. 7-15, 2014.

KIBERT, C. J. **Establishing principles and a model for sustainable construction.** In: Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction. Tampa Florida, November, 1994. p. 6-9.

LEWIS, H.; DEMMERS, M. Life Cycle Assessment. **Australian Journal of Environmental Management** - Vol. 3 Number 2 - June 1996. p. 110-123.

LIBRELOTTO, LISIANE ILHA. **Modelo para avaliação da Sustentabilidade na Construção Civil nas Dimensões Econômica, Social e Ambiental (ESA): Aplicação no Setor de Edificações.** Tese de Doutorado. Florianópolis, 2005.

MASCARÓ, Juan Luis. **Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte.** Masquatro Editora, 2010.

MATEUS, R. F. M. S. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção.** 2004. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.

MAZZA, S.C. **Estudo das Propriedades Mecânicas e da Aderência do Sistema Argamassa de Reparo com Cimento Geopolimérico/Substrato de Concreto com Cimento Portland.** MEAU, UFBA, 2010.

MITIDIERI, C. V.; CAVALHEIRO, W. Desenvolvimento de sistema construtivo em “painéis cerâmicos”. **Tecnologia de edificações. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha.** São Paulo: PINI, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, v. 1, p. 175-178, 1988.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 12 de abril de 2017.

MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL JÚNIOR, M. As matérias-primas cerâmicas. Parte I: o perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 2, p. 28-39, 2001.

NESSRALLA, M.A. **Resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural: bloco cerâmico de 44 cm.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

OLIVEIRA, N. F. M.. **Teoria e prática de técnicas de construção e conservação de coberturas do séc. XVIII: evolução histórica, tratadística do séc. XVIII, diagnóstico de anomalias e restauro estrutural.** 2009. Dissertação de Mestrado.

RIBEIRO, C. C.. **Materiais de construção civil.** 2. ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 102 p.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse**: a casa ambientalmente sustentável; tradução Alexandre Salvaterra. 2nd ed. Porto Alegre, 2006.

ROMAN, H. R. **Determinação das Características Físicas e Análise Estatística da Capacidade Resistente de Tijolos Cerâmicos Maciços**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFRGS. Porto Alegre, 1993.

SALVADOR FILHO, José Américo Alves. **Blocos de Concreto Para Alvenaria em Construções Industrializadas**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SATTTLER, M. A. **Edificações e comunidades sustentáveis**: atividades em desenvolvimento no NORIE/ UFRGS. IV Seminário Iberoamericano da Rede CYTED. v. 2, p. 219 – 232, 2003. São Paulo.

SILVA, G. J. A. da.; ROMERO, M. A. B. O urbanismo sustentável no Brasil. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI (parte 01). **Arquitextos**, p. 1, 2011.

SOUZA, R.D. **Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas Divisão de Edificações do Ipt, Tecnologia de Edificações. São Paulo: PINI, 1988. p. 529-532.

STRATI, R. Modulo e prefabbricazione. **Storia e attualità degli spazi modulari**. Materia nr. 40 Pag. 96 – 107. 2003.

TEIXEIRA PINTO, A. **Sistemas Ligantes Obtidos Por Ativação Alcalina do Metacaulino**. Minho, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2004.

TEMOTEO, Soenia Marques. **Efeito da ativação alcalina dos aluminossilicatos nas propriedades mecânicas e microestruturais de compósitos argilosos prensados**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, 2011.

TOTTEN, Michael. **Getting it right** - emerging markets for storing carbon in forests. Washington, DC: Forest Trends and World Resources Institute, 2000.

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Disponível em: <Report of the World Commission on Environment and>. Acesso em: 14 de dezembro de 2016.

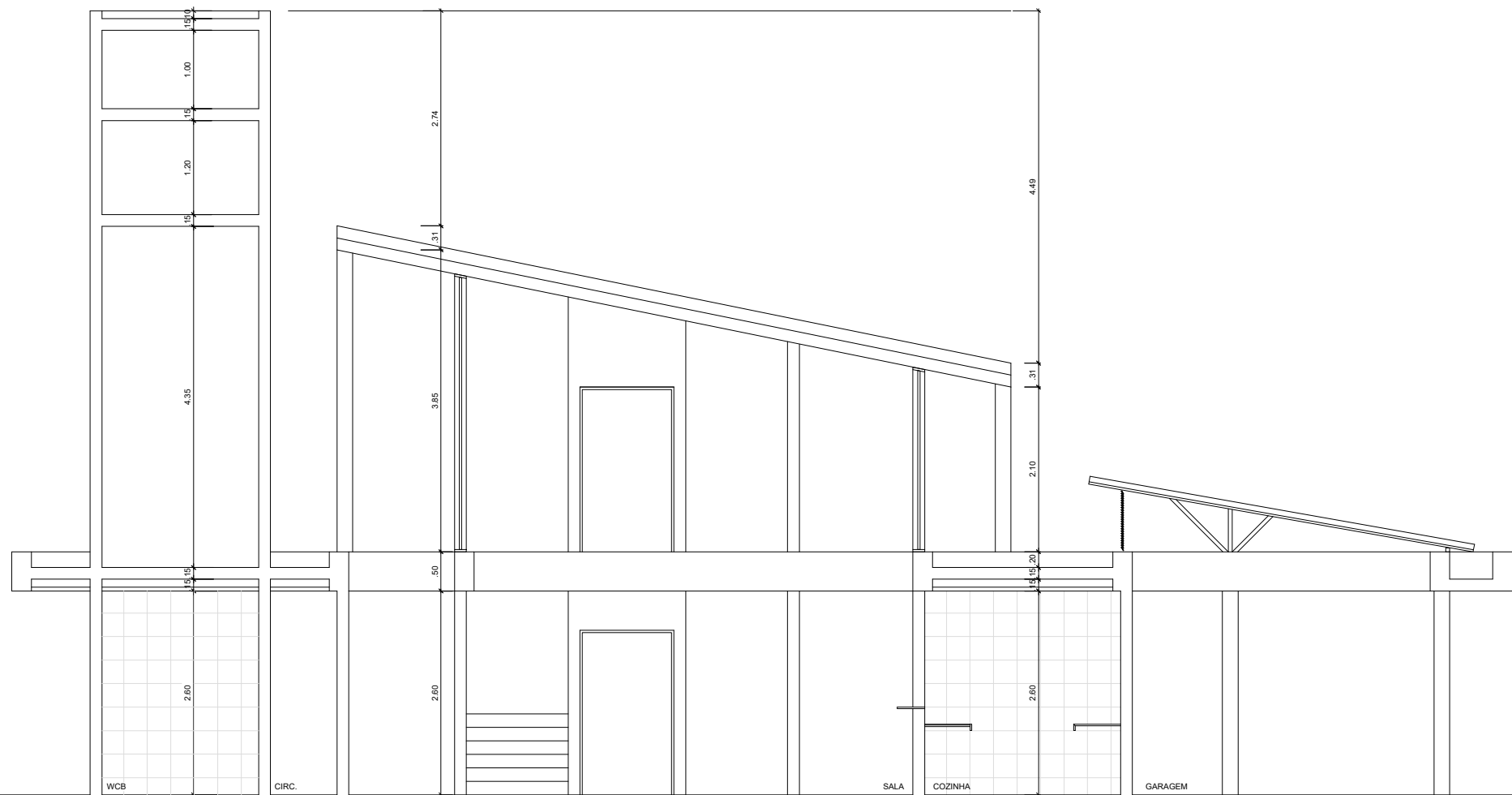
UNITED NATIONS. World population projected to reach 9.6 billion by 2050 – UN report. Disponível em: <<http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=45165&Cr=population&Cr1=#>>. UqkasdKO>. Acesso em: 25 de janeiro de 2017.

UNITED NATIONS HABITAT. **State of de world's cities 2008/2009**: Harmonious Cities. 2008.

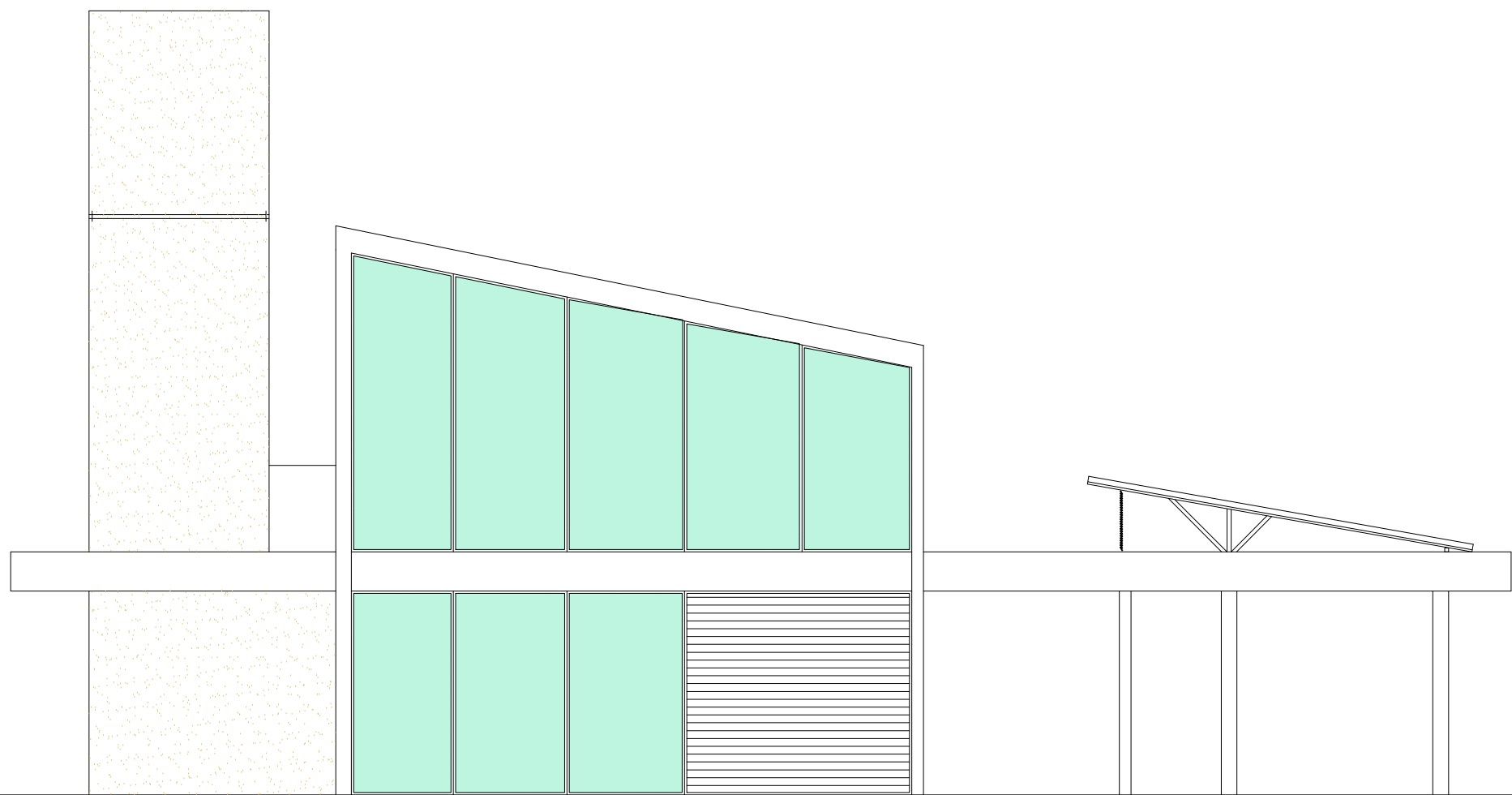
UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **An Introduction to de US Green Building Council and the LEED™ Green Building Rating System**. Washington, DC. March, 2002. Disponível em: <www.usgbc.org>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

XU, H.; VAN DEVENTER, J.S.J. The geopolymerisation of alumino-silicate minerals. **International Journal Mineral Processing** 59 (3): 247-266, 2000.

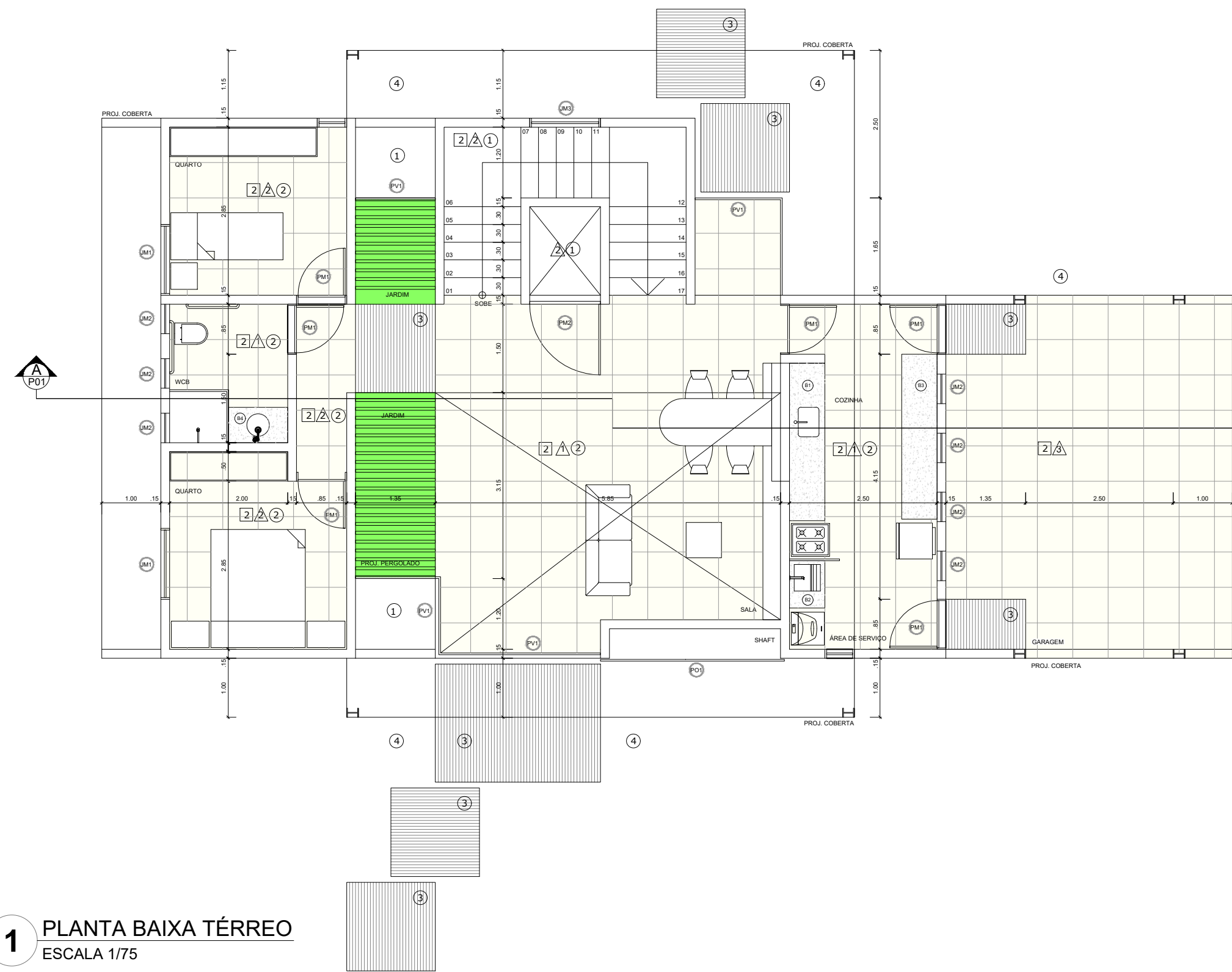
**ANEXO I – PROJETO ARQUITETÔNICO DA CASA ECOEFICIENTE
NA UFPB**



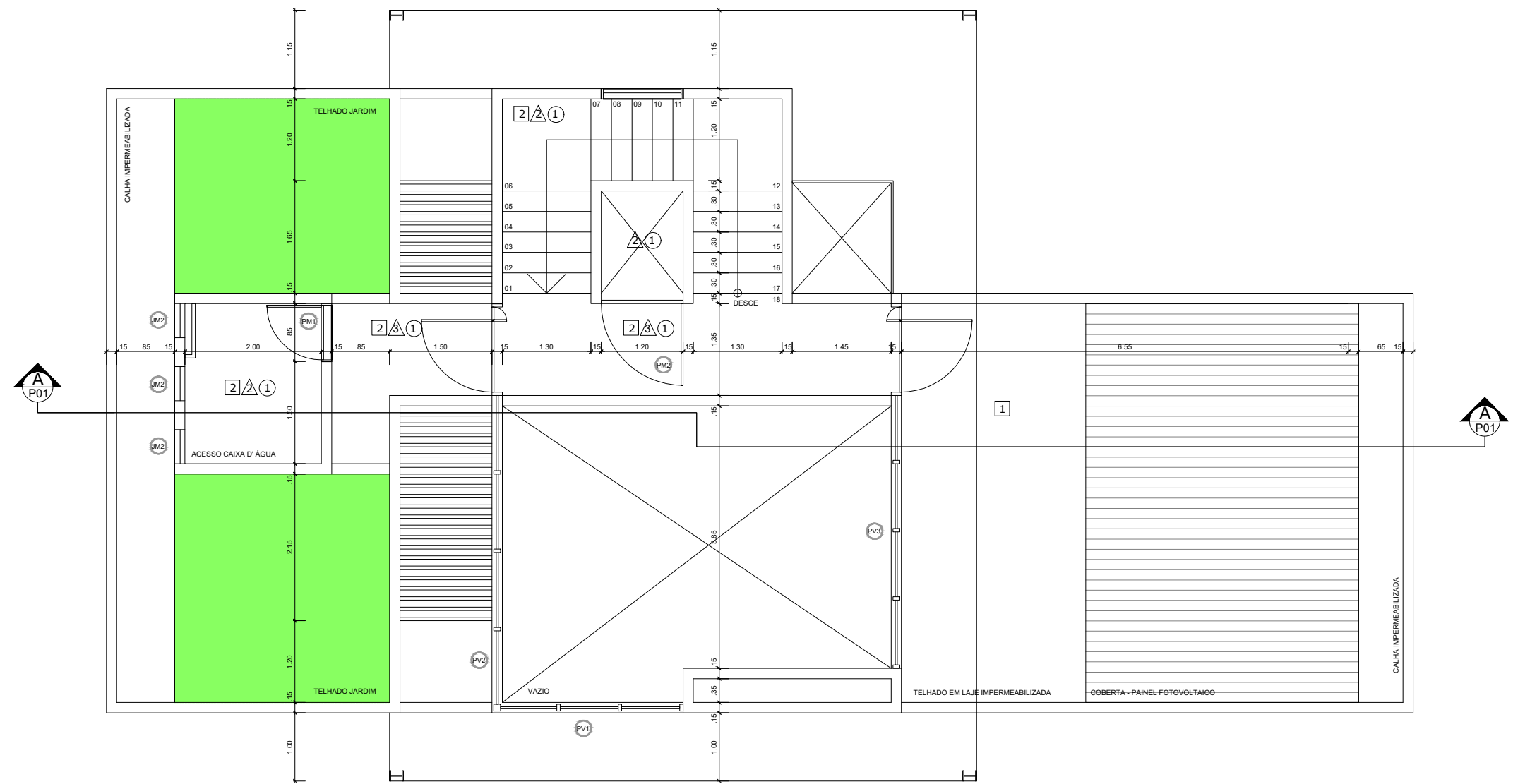
3 CORTE AA
ESCALA 1/75



4 FACHADA LESTE
ESCALA 1/75



1 PLANTA BAIXA TÉRREO
ESCALA 1/75



2 PLANTA BAIXA PAV. SUP.
ESCALA 1/75

MAPA DE ESQUADRIAS			
LEGENDA DE PORTAS E JANELAS EM MADEIRA COM PINTURA OU PORTA DE VIDRO			
REF.	Dimensões (mm)	Quantidade	TIPO
01	80 x 210	07	01 folha, de abir, fixa, em madeira
02	120 x 210	02	01 folha, de abir, em madeira, c/ vidro de vidro, chapa e barra metálica
03	120 x 100	02	02 folhas, de correr, em madeira tipo veneziana
04	50 x 50	10	01 folha, boca de lobo, em madeira e vidro
05	120 x 210	01	03 folha sendo 2 tipo maxilar e 1 fixa, em madeira e vidro
06	1000 x 600	01	Fachada em vidro temperado laminado reflexivo (ver detalhes de Esquadrias)
07	600 x 300	01	Fachada em vidro temperado laminado reflexivo (ver detalhes de Esquadrias)
08	535 x 300	01	Fachada em vidro temperado laminado reflexivo (ver detalhes de Esquadrias)

LEGENDA	
BANCADAS E DIVISÓRIAS DE GRANITO - B/D	
01	GRANITO CINZA ANDORRINHA - esp. 2 cm - 2,85 x 0,84x0,9 m - COM TESTEIRA E RESPADO IVER DETALHAMENTO GRANITO.
02	GRANITO CINZA ANDORRINHA - esp. 2 cm - 0,85 x 0,84x0,9 m - COM TESTEIRA E RESPADO IVER DETALHAMENTO GRANITO.
03	GRANITO CINZA ANDORRINHA - esp. 2 cm - 2,85 x 0,84x0,9 m - COM TESTEIRA E RESPADO IVER DETALHAMENTO GRANITO.
04	GRANITO CINZA ANDORRINHA - esp. 2 cm - 1,26x0,70 m (FIXADA NA PAREDE)
PORTÃO - PO	
01	PORTÃO DE CORRER EM METALON E VENEZIANA COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA.

ESPECIFICAÇÕES	
PISO	
1 - CIMENTADO DESEMPENHADO, COM JUNTAS PLÁSTICAS A CADA 1,20 M	
2 - PORCELANATO 50x50 cm OU 60x60cm, COR BRANCO BEGE, ANTIDERRAPANTE	
3 - BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO	
4 - GRAMADO	
PAREDE	
1 - PORCELANATO OU CERÂMICA 30x60 cm COR BRANCO GELO, DE PISO AO TETO	
2 - PINTURA ACRILICA INTERNA, COR PALHA, SOBRE MASSA CORRIDA	
3 - PINTURA ACRILICA EXTERNA, COR A DEFINIR, SOBRE MASSA CORRIDA	
TETO	
1 - LAJE PINTURA PVA LÁTEX BRANCO NEVE SOBRE MASSA CORRIDA PVA.	
2 - FORRO DE GESSO COM PINTURA BRANCO NEVE SOBRE MASSA CORRIDA PVA.	

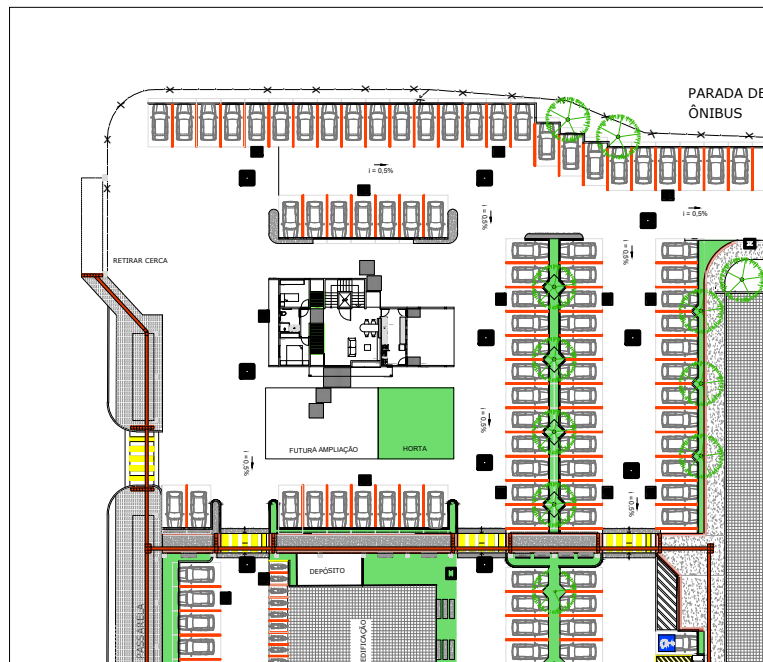
NOTAS

- DIMENSÕES EM METROS;
- COTAS DE NÍVEL EM METROS;
- VERIFICAR POSIÇÃO EXATA DOS PILARES NO PROJETO ESTRUTURAL;
- VERIFICAR DETALHES CONSTRUTIVOS PERTINENTES NAS PRANCHAS DE DETALHAMENTO;
- EM CASO DE CONFLITO DE INFORMAÇÕES ENTRE O PROJETO GRÁFICO E O CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES, PREVALECE A INFORMAÇÃO CONTIDA NOS DESENHOS;
- EM CASO DE CONFLITO DE INFORMAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES DESENHADAS E AS DIMENSÕES INDICADAS NAS COTAS E NÍVEIS, PREVALECE A INFORMAÇÃO CONTIDA NAS INDICAÇÕES DE COTAS E NÍVEIS;
- ALTERAÇÕES NESTE PROJETO SOMENTE COM AUTORIZAÇÃO EXPRESSA DO FNDE

REFERÊNCIAS:

- MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO;
- ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO DE ARQUITETURA;

LEGENDA:			
	INDICAÇÃO NÍVEIS PLANTA E CORTE		ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS
	INDICAÇÃO DE CORTES		INDICAÇÃO DE ELEMENTOS (BANCADAS, PRATELEIRAS E ETC.)
	INDICAÇÃO DE PORTAS E JANELAS		



5 SITUAÇÃO
ESCALA 1/500

PROPRIETÁRIO: : CEAR

ENDEREÇO: CAMPUS-UNIVERSITÁRIO

MUNICÍPIO – UF: JOÃO-PESSOA/PB

PROPRIETÁRIO: CENTRO DE ENRGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS

RESP. TÉCNICO: CREA

PROJETO: CAU

PROJETO: CAU

PROGRAMA CASA ECOEFICIENTE - CEAR

PROJETO DE ARQUITETURA

COORDENAÇÃO			
FORMATO	DESENHO	REVISÃO	PRANCHA
		R-01 R-02 R-03	ESCALA R-02 DATA R-03

ANEXO II – MEMORIAL DESCRITIVO DA CASA ECOEFICIENTE NA UFPB

OBJETO: PROJETO EXECUTIVO DE CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÃO ECOEFICIENTE

LOCAL: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, CAMPUS JOÃO PESSOA/PB

1. CONTRATANTE

CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS

2. ENDEREÇO

Cidade Universitária, sn – Castelo Branco, João Pessoa/PB

3. DENOMINAÇÃO

Projeto Habitacional Ecoeficiente para fins Educacionais.

4. SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO IMÓVEL

A Unidade será construída na em área previamente estabelecida dentro dos limites do LES/CEAR, com área construída de aproximadamente 134,90 m².

5. ÁREA DA CONSTRUÇÃO

A Construção da Unidade compreende uma área de 134,90m², sendo que destes 29,83m² refere-se a uma garagem sem paredes laterais e cobertas com painéis fotovoltaicos. A construção é composta por um total de 9 ambientes distribuídos em dois Pavimentos na edificação (térreo e 1º pavimento) interligados por uma escada e uma plataforma, distribuídos da seguinte maneira:

- 2 Quartos,
- 1 WCB Acessível
- Garagem
- Sala para dois ambientes
- Cozinha
- Serviço
- Sala de Acesso a Caixa D'água
- Laje de Monitoramento

6. OBJETIVO DO DOCUMENTO

O memorial descritivo e o caderno de especificações, como parte integrante de um projeto, tem a finalidade de caracterizar criteriosamente todos os materiais e componentes envolvidos, bem como toda a sistemática construtiva utilizada. Tal documento relata e define integralmente o projeto executivo e suas particularidades.

Constam do presente memorial descritivo e caderno de especificações a descrição dos elementos constituintes do projeto arquitetônico. Constam também a citação de leis, normas, decretos, regulamentos, portarias, códigos referentes à construção civil, emitidos por órgãos públicos federais, estaduais e municipais, ou por concessionárias de serviços públicos.

7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Uma das razões determinantes para as crises (não só ambiental, mas ética, de falta de princípios) por que hoje passa a humanidade é a fragmentação de todos os elementos essenciais à vida, física e espiritual, e, ao mesmo tempo, da pouca dedicação em reintegrá-los. É inegável que a ciência tem sido extremamente ativa e, em todos os domínios, novas tecnologias têm sido exploradas; por exemplo, na medicina, muitas doenças foram vencidas e existe a esperança de se conseguir outras grandes conquistas no futuro. Entretanto, fatores primordiais foram desprezados na realização desse progresso. É o caso da atitude do ser humano face à realidade, que o leva a se concentrar exclusivamente nos problemas particulares, mesmo quando eles estão relacionados, de modo significativo, com um contexto mais amplo. Também é o caso da abordagem de problemas que, na realidade, são globais e não deveriam ser tratados de modo fragmentado. Por exemplo, com a exploração dos recursos naturais de maneira fragmentária, a sociedade provocou a destruição de florestas e das terras cultiváveis. Nas universidades, o conhecimento é também fragmentado entre os inúmeros departamentos, cada um tratando, quase que exclusivamente, de suas próprias especificidades, com poucas trocas entre si e quase nenhuma cooperação interdepartamental, e até dentro de um mesmo departamento. Os alunos são educados, têm o seu conhecimento conformado dentro desse mesmo modelo, somando disciplinas em seus currículos, em um ambiente onde raramente se observa uma integração de esforços, um caráter interdisciplinar ou uma ambição transdisciplinar. Uma vez profissionais, irão reproduzir esse modelo.

O projeto, em pauta, procura integrar as competências existentes no Centro de Energias Alternativas e Renováveis, CEAR. Mais especificamente, converge esforços dos especialistas em energia solar (fotovoltaica e termo-solar), em energia eólica, em energia elétrica, em materiais (em seus diferentes aspectos de compostos, reciclagem, etc), em hidráulica e arquitetura, em torno de um produto que, uma vez pronto, servirá de laboratório, já que o monitoramento das diferentes grandezas em jogo, servirão para alimentar o desenvolvimento de novas ideias que permitirão o barateamento e melhoria de soluções levando em consideração os aspectos ecológicas e auto-sustentáveis, tão necessários no mundo atual. Além do mais visa formar a consciência ecológica da comunidade, de modo que um pacote computacional didático será desenvolvido com essa finalidade e a casa será aberta à visita de escolas, colégios e da comunidade em geral.

Como resultado, propõe-se a construção de casa auto-sustentável. A casa, de dois pavimentos, a ser construída, possui cerca de 130,00 m², incluindo dois quartos, uma sala para dois ambientes (estar e jantar), uma cozinha, área de serviço, garagem, escada para acesso ao pavimento superior, de onde se tem uma plataforma para monitoramento e o acesso à caixa d'água. A casa envolve o uso de diferentes materiais para estudo comparativo de eficiência térmica e o aproveitamento e re-aproveitamento de águas. A alimentação elétrica da casa é constituída por uma micro-rede residencial, composta de três fontes de geração distribuída (painéis fotovoltaicos, um gerador eólico e a própria rede)) com capacidade de suprir cargas de corrente alternada (CA) e de corrente contínua (CC), incluindo a alimentação de um veículo elétrico. As tensões de alimentação serão 220 V CA, 350 V CC e 220 V CC. A micro-rede pode operar de modo isolado ou conectada à rede. A água quente será produzida, sem o consumo da energia elétrica, através de um sistema termo-solar. Outras fontes de geração distribuída, poderão ser adicionadas, posteriormente.

1 - Objetivo do projeto

- Construir uma casa padrão com garagem, com possibilidade de aumento posterior.
- Construir uma micro-rede residencial com alimentações CC e CA.
- Usar a casa como um laboratório visando melhoria e barateamento das soluções; para isso serão feitos monitoramento de grandezas elétricas, térmicas, hidráulicas e mecânicas.
- Transferir e adequar os resultados para uma casa popular.
- Reduzir gastos, reaproveitar recursos, buscar novos meios de sustentabilidade.
- Comparar as soluções técnicas com soluções caseiras e de fácil utilização.
- Integrar a competência dos componentes do CEAR.

- Educar os funcionários do CEAR/UFPB para o uso racional da água e da energia.

2- Abrangência

- Ecológica: telhado verde, horta, etc.
- Tecnológica: desenvolvimento de novas soluções e de uma micro-rede CA e CC.
- Técnica: reprodução de técnicas já existentes.
- Extensiva: técnicas baratas repassadas à comunidade.
- Educativa: futuros agentes de energia renovável; programas educativos.

3 - Motivação do projeto

- Reduzir ao máximo o uso de recursos artificiais, passando a utilizar os naturais, com reaproveitamento de tudo que for possível (uso de material reciclável), e economizar onde for necessário e possível (tijolos baratos, por exemplo).
- Utilizar fontes alternativas de energia (eólica, fotovoltaica, termo-solar).
- Buscar eficiência energética (utilizar lâmpadas de alta eficiência, buscar desempenho térmico, etc) e eficiência no uso da água.
- Estudar soluções populares e comparar seu tempo de vida e custo de utilização.
- Desenvolver programas educativos para apresentações durante visitas públicas.
- Usar a casa para fazer promoção do CEAR/UFPB, como vitrine de tecnologia de ponta e como modelo para diferentes padrões econômicos.
- Usar a casa para experimentos controlados, relacionados com eficiência energética, desempenho térmico, uso racional da água e outros relacionados.
- Estudar a possibilidade de usar móveis fabricados com materiais reciclados.

4 - Recursos pré-allocados

- Profissionais qualificados, incluindo especialistas em práticas sustentáveis e buscas de alternativas para todas as práticas da casa.

5 - Requisitos conhecidos

- Aproveitar ao máximo os recursos naturais como luz, água e vento.
- Reduzir e aperfeiçoar o consumo de materiais e energia
- Reduzir os resíduos gerados

6 - Premissas

- Aproveitar a água da chuva e reaproveitar a água usada, utilizar painéis solares, sistemas termo-solares e sistemas eólicos.
- Uso de diferentes materiais nos cômodos da casa para permitir a realização de estudos comparativos quanto à eficiência térmica.

8. DETALHAMENTO

Todo o projeto deverá ser detalhado, desde o arquitetônico quanto os complementares. Os mesmos serão realizados pela Construtora Contratada, no Regime Diferenciado de Contratação de Obras Públicas no sistema de Contratação Integrada.

Em relação aos materiais utilizados, os mesmos devem atender recomendações que se enquadrem tanto nas especificações dos respectivos projetos em conformidade com os requisitos do CEAR, bem como com as respectivas normas que regem o processo. Para tanto constaram no Caderno de Especificações todos os detalhes acerca da execução do projeto.

9. INFRAESTRUTURA

ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O abastecimento de água da edificação será feito através de uma ligação na rede de água da UFPB, conforme informação do Sistema de Abastecimento da Cidade (Cagepa) e armazenado em Caixas D'água dimensionadas pelo Projeto de Instalações Hidráulicas.

Neste projeto, será implementado o sistema de reaproveitamento de água, tanto da chuva quanto da própria edificação. Neste tocante, serão utilizados o reaproveitamento da água de chuvas através de calhas, bem como da implementação de tetos jardins, em conformidade com as normas e Projeto de Detalhamento, a ser realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada, observando o pré estabelecido pelo CEAR.

Em relação ao aproveitamento referente a edificação, serão utilizados equipamentos ecoeficientes que possibilitam o reaproveitamento da água de banho, lavatórios e pias para utilização no sistema sanitário. Além destes, prevê-se um reaproveitamento da água para uso na irrigação de uma horta anexa a edificação. Para tanto serão necessários utilização de sistemas filtrantes que será definido em projeto específico.

Todo o sistema de abastecimento de água, vazão, reaproveitamento, entre outros relacionados a água será monitorado por sistemas autônomos, tendo para tanto que ser previsto um espaço aparente (em torno de 15x15x15cm) em que seja exposto trechos do encanamento (em pontos de entradas de água e nas principais torneiras e chuveiros) e que sejam instaladas "luvas" para posterior substituição por nós sensores de vazão.

Tal monitoramento, necessitada de dados básicos, discriminados abaixo:

(a) Monitorar diversos pontos de passagem de água (tanto de água da rede convencional quanto de água de reaproveitamento, por exemplo, da chuva) através de um nó sensor sem fio interligado com a rede de sensores proposta acima.

(b) A energia que alimentará este nó será a do próprio fluxo de água ou da diferença da temperatura do fluxo com a parede.

ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O esgotamento sanitário será feito através de fossa séptica e sumidouro, de acordo com o Projeto de Instalações Sanitárias a ser realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada, e em conformidade com as necessidades do CEAR.

Neste projeto, será implementado o sistema de filtragem e tratamento do esgoto sanitário para fins de reaproveitamento de água, a ser utilizada para irrigação de áreas de gramíneas. Este projeto deverá estar em conformidade com as normas e Projeto de Detalhamento, a ser realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada, observando o pré-estabelecido pelo CEAR.

ENERGIA ELÉTRICA

O abastecimento de energia elétrica para a área da Unidade será proveniente da rede de distribuição local da Energisa que atende a Cidade, devendo ser implantada de acordo com as normas da referida empresa, que será responsável pela sua operação e em conformidade com o Projeto Elétrico que será realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada em conformidade com o CEAR.

Neste projeto, será implementado, na edificação, um sistema fotovoltaico para a produção da energia a ser utilizada pela edificação, bem como a ser utilizada para abastecimento de energia de um carro elétrico. Toda a energia utilizada na casa será monitorada por sistemas e nós sensores, e que para tanto serão necessários que as caixas de tomadas, interruptores e toda e qualquer parte para monitoração, seja utilizada caixa 4x4.

Tal monitoramento, necessitada de dados básicos, discriminados abaixo:

- (a) A rede deverá ser composta por nós sensores que não deverão ser alimentados pela rede elétrica da casa evitando-se assim a ação elétrica extra.
- (b) Os nós sensores deverão não usar baterias ou pilhas atendendo assim à questão ecológica ambiental.
- (c) Os nós sensores deverão ser alimentados por técnicas de colheita de energia (Energy Harvesting) convertendo, aproveitando e acumulando os diferentes tipos de energia disponível no ambiente da casa (e.g: luminosa, térmica, fluxo de água, fluxo de ar, vibracional, etc.)
- (d) Os nós sensores deverão ser facilmente realocados para outros pontos.
- (e) Todos os dados medidos deverão ser transmitidos a um nó concentrado que por sua vez se interligará a uma TV em que os dados serão expostos aos visitantes da casa.
- (f) Os dados medidos também deverão compor uma base de dados para uso em pesquisas.
- (g) Monitorar o consumo de eletrodomésticos através de um nó sensor sem fio interligado com a rede de sensores proposta acima.
- (h) A energia que alimentará este nó será a indução magnética gerada pela corrente elétrica que alimenta o eletrodoméstico.

O referido projeto deverá estar em conformidade com as normas e Projeto de Detalhamento, a ser realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada, observando o pré-estabelecido pelo CEAR.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE SERVIÇOS E MATERIAIS

OBJETO: PROJETO EXECUTIVO DE CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÃO ECOEFICIENTE

LOCAL: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, CAMPUS JOÃO PESSOA/PB

1. DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

1.1. A Firma contratada deverá estudar todos os elementos fornecidos, a fim de serem evitados possíveis enganos que possam acarretar prejuízos, correndo por sua conta as falhas verificadas após a execução dos serviços.

1.2. A firma deverá obedecer inteiramente às especificações dos projetos em conformidade com os termos pré-estabelecidos pelo CEAR, não podendo introduzir qualquer modificação ou alteração sem a aprovação por escrito do Responsável Fiscal da Obra.

1.3. O Responsável Fiscal rejeitará, no todo ou em parte, os serviços em desacordo com as especificações e normas técnicas, dando um prazo para regularização dos mesmos.

1.4. A Firma se obriga a executar os trabalhos de acordo e em obediência a presente especificação, termo de contrato e projetos aprovados pelo CEAR e em conformidade com as normas vigentes.

1.5. Sem prejuízo da plena responsabilidade da firma perante o contratante, todos os serviços contratados estarão sujeitos a mais ampla e irrestrita fiscalização do Responsável Fiscal pela Obra.

1.6. A admissão e escolha do pessoal serão de competência da firma, que deverá ter no seu quadro, mão-de-obra qualificada, mantendo na frente dos serviços um Engenheiro de comprovada capacidade e idoneidade.

1.7. A firma obrigar-se-á, perante todos os seus empregados da obra, a cumprir as Legislações Tributárias Trabalhistas Previdenciária e de acidentes do trabalho, respondendo unilateralmente por esses encargos.

1.8. Cabe à firma contratada a responsabilidade pelo uso e guarda de seus equipamentos e ferramentas a serem utilizados nos serviços.

1.9. A firma tomará toda precaução e cuidado, no sentido de garantir os serviços, operários e transeuntes durante a execução dos serviços até o seu término. As medidas de proteção aos empregados e a terceiros, durante a Construção, obedecerão ao disposto nas “Normas de Segurança do trabalhador nas Atividades da Construção Civil”.

1.10. Em caso de sinistro motivado por negligência, imprudência ou imperícia da firma, esta responderá civil e criminalmente pelos danos e prejuízos que causar.

1.11. O Responsável Fiscal manterá todos os entendimentos sempre por escrito com o representante da firma contratada, comunicando a equipe do CEAR, designada para acompanhamento da Obra.

1.12. O Responsável Fiscal deverá informar em tempo ao contratante, todas as ocorrências surgidas com referências a prazos, serviços, acréscimos ou decréscimos verificados, bem como detalhes técnicos e executivos referentes aos serviços.

1.13. Não será tolerada no canteiro de serviço a permanência de quaisquer materiais ou equipamentos estranhos aos serviços.

1.14. As dúvidas ou conflitos de ordem técnica serão estudados e apreciados, em comum acordo com a Firma, o Responsável Fiscal e os Contratantes.

1.15. Os projetos básicos e executivos (arquitetônico e seus complementares, bem como de Incêndio) serão fornecidos pelo Construtora Contratada pelo Edital de Regime Diferenciado de Contratação na modalidade Contratação Integrada.

1.16. Os referidos projetos serão submetidos a Avaliação da Equipe do CEAR designada para acompanhamento da Obra, que podem acatar ou sugerir modificações. Os mesmos só serão executados após a devida aprovação por escrito da Equipe acima citada.

1.17. Todos os meses ou de acordo com o previamente licitado, a Firma deverá apresentar, juntamente com a Nota Fiscal dos Serviços constantes na medição, a GRPS da obra referente ao mês anterior, devidamente quitada.

1.18. A obra será construída obedecendo às especificações que se seguem, e todos os materiais serão de primeira qualidade e fornecidos pelo construtor.

1.19. Canteiro de Obras

1.19.1. Serão previstas instalações provisórias por período de duração de obra e as ligações provisórias dos serviços de fornecimento de água, de energia elétrica, de esgoto e de telefone obedecerão às normas das concessionárias.

1.19.2. O canteiro disporá de todos os elementos necessários à obra requisitados pela fiscalização, tais como, plantas de obra, cronograma, livro de ocorrência, etc.

1.19.3. O canteiro, dependendo do tipo de edificação onde os serviços serão executados, poderá ser: Dentro dos limites da edificação ou fora dos limites da edificação.

1.19.4. Caberá ao construtor fornecer o maquinário, ferramentas e aparelhamento adequado à perfeita execução dos serviços contratados.

1.19.5. Quando necessário, os tapumes serão executados com tábuas novas e inteiras, chapas de madeira compensada ou arame farpado desde que sejam rigorosamente respeitadas as exigências do órgão fiscalizador.

1.19.6. Abrigo Provisório

1.19.7. O abrigo provisório deverá ser construído de alvenaria de $\frac{1}{2}$ vez, assente sobre alvenaria de pedra calcária argamassada (20x20cm) e embasamento em alvenaria de 1 vez (10cm). Deverá ser coberto e possuir aberturas com elemento vazado de cimento, uma porta semi-oca de 0,80x2,10m e receber 3 demãos de cal interna e externamente.

2. PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS

2.1.1. Todos os projetos (Arquitetônico e seus complementares e de Incêndio) serão realizados pela Construtora Contratada no Regime Diferencial de Contratações na Modalidade Contratação Integrada.

2.1.2. Os referidos projetos, só serão executados após a avaliação e aprovação de Equipe Técnica Designada pelo CEAR e em conformidade com as Normas Vigentes de cada Projeto, bem como após a obtenção de todas as licenças para a devida execução.

3. DEMOLIÇÕES E REMOÇÕES

3.1. Disposições Gerais

3.1.1. As demolições serão indicadas no projeto, na planilha de quantitativos e nas especificações complementares.

3.1.2. As demolições ou retiradas serão executadas de forma a não causarem danos a terceiros ou às estruturas que não sejam o objetivo do serviço.

3.1.3. Os materiais a serem demolidos e removidos deverão ser previamente umedecidos, para reduzir a formação de poeira.

3.1.4. Antes de ser iniciada a demolição ou retirada de qualquer serviço, as linhas de abastecimento de energia elétrica, água e gás, e as canalizações de esgoto e de escoamento de água deverão ser retiradas, protegidas ou isoladas, respeitando-se as normas e determinações do órgão proponente da obra.

3.2. Remoções

3.2.1. O transporte será efetuado utilizando-se carros de mão, jericas, etc.

3.2.2. Deverá existir depósito para entulho tipo container estacionário.

3.2.3. A remoção será efetuada em veículos apropriados ao tipo e volume do material demolido, a carga deverá ser manual e/ou mecânica. Todo o material deverá ser transportado para fora da obra e dado destinação conforme resoluções federais, estaduais e municipais. A remoção do material ocorrerá por conta do CONSTRUTOR.

4. TRABALHO EM TERRA

4.1. Locação da Obra

4.1.1. A locação obedecerá rigorosamente ao que determina a planta de locação. Será construída a banquetta de nivelamento e marcação em madeira, para marcação com a utilização de instrumento próprio, tais como: teodolito, nível, fio de prumo, mangueira d'água, etc.

4.1.2. A ocorrência de erro na locação da obra implicará para o CONSTRUTOR na obrigação de proceder, por sua conta e nos prazos estabelecidos, as modificações, demolições e reposições que se tornarem necessária a juízo da FISCALIZAÇÃO, ficando, além disso, sujeito as sanções, multas e penalidades aplicáveis em cada caso particular, de acordo com o Contrato e a presente Especificação.

4.2. Aterro e Reaterro

4.2.1. Os trabalhos de aterro e reaterro, caixões da obra, passeios etc., serão executados com terra vegetal e terra vegetal e adubos orgânico e mineral para grama.

4.2.2. Todo aterro e reaterro deverá ser isento de matéria orgânica.

4.2.3. O aterro e reaterro deverá ser realizado em camadas sucessivas de 20 cm, devidamente molhadas e apiloadas, de modo a serem evitadas fendas e trincas e desníveis da pavimentação devido ao recalque das camadas aterradas.

4.2.4. Deverá ser utilizada grama esmeralda em placas nas áreas especificadas e de acordo com os projetos e quantitativos.

4.2.5. Ficará a cargo do Construtor as despesas com transporte de materiais decorrentes da execução dos serviços de preparo do terreno e aterro, seja qual for a distância e o volume considerado, bem como o tipo de veículo utilizado.

5. ESTRUTURA

5.1. Estrutural de Concreto

5.1.1. A execução do concreto estrutural obedecerá rigorosamente ao projeto a ser desenvolvido pela Construtora Contratada e com aprovação prévia da equipe do CEAR designada para acompanhamento da Obra, bem como todas as especificações e detalhes respectivos. Além disto, deverá obedecer às Normas Técnicas da ABNT, que regem o assunto, além das que se seguem.

5.1.2. A execução de qualquer parte da estrutura implica na integral responsabilidade da Construtora Contratada por sua resistência e estabilidade.

5.1.3. As passagens de canalizações, através de vigas ou outros elementos estruturais, deverão obedecer rigorosamente às determinações do projeto, não sendo permitida a mudança da posição das mesmas. Quando de todo inevitáveis tais mudanças exigirão aprovação desta pelo Engenheiro responsável pelo respectivo projeto e pelo Responsável Fiscal.

5.1.4. A execução das armaduras deverá obedecer rigorosamente ao projeto estrutural, no que se refere à posição, bitola, dobramento e recobrimento.

5.1.5. Antes do lançamento do concreto, as fôrmas deverão ser limpas, molhadas e perfeitamente estanques, a fim de evitar a fuga da nata do cimento. Será obrigatório o uso de desmoldante para

fôrma. Fica vetado o uso de óleo queimado, como agente protetor, bem como outros produtos que venham, posteriormente, prejudicar a uniformidade e coloração do concreto aparente.

- 5.1.6. A posição das formas quanto ao prumo e nível será objeto de verificação permanente, especialmente durante o processo de lançamento do concreto. Quando necessária, a correção será efetuada imediatamente, com o emprego de cunhas, escoras, etc.
- 5.1.7. As fôrmas se manterão úmidas desde o início do lançamento até o endurecimento do concreto e protegido da ação dos raios solares com sacos, lonas ou filme opaco de polietileno.
- 5.1.8. Aplicar uma pintura hidrofugante em toda a região à base de silano/siloxano, para proteção de superfícies de concreto contra penetração de água e agentes agressivos e aumentar a durabilidade contra corrosão de armaduras. Aplicar com trincha ou preferencialmente com pulverizador.
- 5.1.9. Pintar a superfície com uma tinta protetora de alta performance à base de verniz acrílico disperso em solvente, para proteção de estruturas de concreto expostas. Aplicar com trincha.
- 5.1.10. Deverá ser adotada uma solução de fundações compatível com a intensidade das cargas, a capacidade de suporte do solo e a presença do nível d'água. Com base na combinação destas análises será realizado o Projeto de Locação e Fundação, de acordo com as normas vigentes e em consonância e aprovação da equipe do CEAR.
- 5.1.11. Aplicar concreto armado de no mínimo 25MPa, utilizando Cimento Portland CP II E-32, areia média, brita 1, aço CA-50 de 6.3 a 12.5mm, aço CA-60 3.4 a 6.4mm, arame recozido 18 AWG, e ainda, em conformidade com o Projeto Estrutural. O concreto deve ser vibrado e lançado na forma.
- 5.1.12. Para a execução de vigas de fundações (baldrame) deverão ser tomadas as seguintes precauções: na execução das formas estas deverão estar limpas para a concretagem, e colocadas no local escavado de forma que haja facilidade na sua remoção. Não será admitida a utilização da lateral da escavação como delimitadora da concretagem das sapatas. Antes da concretagem, as formas deverão ser molhadas até a saturação. A concretagem deverá ser executada conforme os preceitos da norma pertinente. A cura deverá ser executada para se evitar a fissuração da peça estrutural.
- 5.1.13. As formas dos pilares deverão ser aprumadas e escoradas apropriadamente, utilizando-se madeira de qualidade, sem a presença de desvios dimensionais, fendas, arqueamento, encurvamento, perfuração por insetos ou podridão. Antes da concretagem, as formas deverão ser molhadas até a saturação. A concretagem deverá ser executada conforme os preceitos da norma pertinente. A cura deverá ser executada para se evitar a fissuração da peça estrutural.
- 5.1.14. O escoramento das lajes deverá ser executado com escoras de madeira de primeira qualidade ou com escoras metálicas, sendo as últimas mais adequadas. As formas deverão ser molhadas até a saturação, antes da concretagem. Após a concretagem a cura deverá ser executada para se evitar a retração do concreto e fissuração da superfície. A desforma deverá seguir os procedimentos indicados em norma.

5.2. Estrutura Metálica

- 5.2.1. A execução de toda e qualquer estrutura metálica obedecerá rigorosamente ao projeto a ser desenvolvido pela Construtora Contratada e com aprovação prévia da equipe do CEAR designada para acompanhamento da Obra, bem como todas as especificações e detalhes respectivos. Além disto, deverá obedecer às Normas Técnicas da ABNT, que regem o assunto, além das que se seguem.
- 5.2.2. Na execução das estruturas metálicas, caso assim seja necessário, deverão ser executadas em material de primeira qualidade e de acordo com as recomendações do projeto de estrutura a ser desenvolvido pela Construtora Contratada, no RCD Modalidade Contratação Integrada.

5.3. Escada de Concreto

- 5.3.1. A laje para piso da escada, indicada no projeto, será executada de acordo com o Projeto de Estruturas, calculada com sobrecarga de 200 Kg/m² (vão até 5m).

- 5.3.2. Para a sua execução serão utilizados Cimento Portland CP II E-32, areia grossa, britas 1 e 2, aço Ca-50 de 6.3 a 12.5mm e arame recozido. O concreto utilizado deverá ser feito mecanicamente com betoneira.
- 5.3.3. A laje será colocada de acordo com as Normas Técnicas.
- 5.3.4. O escoramento deverá estar bem firme e bem contraventado para possibilitar a contra flecha da laje.
- 5.3.5. A laje concretada deverá ser molhada regularmente, no mínimo, nos três primeiros dias, de maneira a promover a cura completa da estrutura.
- 5.3.6. No caso da impermeabilização da escada será realizada uma limpeza com jateamento de água em toda a superfície para retirar todo pó e possibilitar melhor a inspeção.
- 5.3.7. Em seguida se dará a execução da regularização da superfície que deverá ser efetuada com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume com as declividades recomendadas no projeto da cobertura, aferidas com nível topográfico.
- 5.3.8. A manta asfáltica, com espessura conforme detalhe do projeto de cobertura, deverá ser fixada conforme a norma NBR 9952 (2007).
- 5.3.9. Finalizando, se dará a execução da proteção mecânica que deverá ser efetuada com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume com as declividades recomendadas no projeto da cobertura, aferidas com nível topográfico.
- 5.3.10. A espessura mínima da regularização e da proteção mecânica deverá ser superior a 3cm.

5.4. Lajotas de Concretos

- 5.4.1. Toda e qualquer lajotas de concreto pré-moldado, que venha a ser utilizado no projeto, serão confeccionadas com Cimento Portland CP II E-32 e areia média.
- 5.4.2. As lajotas terão as dimensões especificadas em projeto conforme detalhamento do projeto arquitetônico fornecido.
- 5.4.3. Deverão ser tomados os cuidados recomendados em norma.

5.5. Junta Elástica

- 5.5.1. As juntas elásticas, que vierem a ser utilizadas no projeto, devem ser realizadas por aplicador e ajudante utilizando mastique elástico monocomponente à base de poliuretano, para vedação de juntas de concreto.
- 5.5.2. Aplicação com juntas secas e muito bem limpas, com espessura entre 5 a 30 mm.
- 5.5.3. Nas juntas verticais a profundidade deve ser de metade da espessura, porém sempre maior que 6 e menor que 20 mm.
- 5.5.4. Nas juntas horizontais, a profundidade mínima deve ser de 20 mm. Cortar o bico do aplicador universal de acordo com o tamanho da junta.

6. ALVENARIAS

6.1. Tijolos Cerâmicos

- 6.1.1. As alvenarias serão executadas utilizando materiais alternativos e recomendados pela equipe técnica do CEAR, em conformidade com o preconizado em normas técnicas e obedecerão às dimensões e aos alinhamentos determinados no projeto.
- 6.1.2. As espessuras indicadas referem-se às paredes depois de revestidas. Admitir-se-á no máximo, uma variação de 0,02 m em relação a espessura projetada.

- 6.1.3. As alvenarias serão executadas em conformidade com o Projeto Arquitetônico submetido pela Contratada que tomará como base Anteprojeto constante deste caderno (Anexo I) e aprovado pela equipe do CEAR.
- 6.1.4. Quando se utilizar chapisco padrão, diluir o adesivo em duas partes de água e utilizar como água de amassamento. Na argamassa, diluir em três partes de água e utilizar como água de amassamento. Há enorme variação. Uma vez escolhido o tipo, observar instruções do fabricante.
- 6.1.5. As fiadas serão perfeitamente niveladas, alinhadas e aprumadas. As juntas terão espessura máxima de 15 mm e serão rebaixadas à ponta de colher para que o emboço adira fortemente.
- 6.1.6. As vergas e contra vergas utilizadas no projeto serão de concreto, com 0,10m x 0,10m (altura e espessura), e comprimento variável, embutidas na alvenaria.

6.2. Tijolos em Materiais Alternativos: Terra Crua, Solo Cimento e Painéis

- 6.2.1. As alvenarias em tijolos de terra crua serão executadas utilizando materiais alternativos e recomendados pela equipe técnica do CEAR, em conformidade com o preconizado em normas técnicas e obedecerão às dimensões e aos alinhamentos determinados no projeto de arquitetura.
- 6.2.2. As alvenarias em solo cimento serão executadas utilizando materiais alternativos e recomendados pela equipe técnica do CEAR, em conformidade com o preconizado em normas técnicas e obedecerão às dimensões e aos alinhamentos determinados no projeto de arquitetura.
- 6.2.3. As alvenarias em painéis serão executadas utilizando materiais alternativos e recomendados pela equipe técnica do CEAR, em conformidade com o preconizado em normas técnicas e obedecerão às dimensões e aos alinhamentos determinados no projeto de arquitetura.

7. REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS

7.1. Chapisco

- 7.1.1. Em todas as superfícies a revestir (pilares, vigas, lajes, cintas, alvenarias, etc.) indicadas no projeto, receberão um chapisco de base com argamassa de cimento areia no traço 1:3, inclusive a face inferior das lajes de forro.
- 7.1.2. Produtos adesivos poderão ser adicionados à argamassa de chapisco, desde que compatíveis com o cimento empregado e com o material da base, deverão obedecer às recomendações do fabricante.
- 7.1.3. Para aplicação do chapisco, a base deverá estar limpa, livre de pó, graxas, óleos, eflorescências, materiais soltos ou quaisquer produtos que venham a prejudicar a aderência.
- 7.1.4. A execução do chapisco deverá ser realizada através da aplicação vigorosa da argamassa, continuamente, sobre toda área da base que se pretende revestir.
- 7.1.5. Quando a temperatura for elevada ou a aeração for intensa, a cura deverá ser feita através de umedecimentos periódicos, estabelecidos pela fiscalização.

7.2. Reboco

- 7.2.1. Em todas as superfícies que não forem revestidas com azulejos ou cerâmica e aquelas indicadas no projeto, receberão um reboco em massa única com argamassa de cimento, cal e areia, no traço 1:2:8 ou com utilização de aditivo plastificante para argamassa de assentamento ou conforme especificação do fabricante. O aditivo deve ter como composição básica resina natural.
- 7.2.2. O procedimento de execução deverá atender ao previsto na NBR 7200 – Revestimento de paredes e tetos com argamassas – materiais, preparo, aplicação e manutenção.
- 7.2.3. O reboco só será iniciado após completa cura do chapisco. As áreas a serem rebocadas serão limpas a vassoura, expurgadas de partes soltas e suficientemente molhadas.

- 7.2.4. A massa única será regularizada e desempenada a régua, desempenadeira de aço e esponja. Deverá apresentar superfície não áspera, aspecto uniforme, com paramento perfeitamente plano, não sendo aceita qualquer ondulação ou desigualdade de alinhamento da superfície.

7.3. Revestimentos Cerâmico

- 7.3.1. Em vãos verticais contínuos com alturas superiores a 3,0m, recomenda-se o uso de junta de dilatação com poliuretano, com três centímetros de espessura e profundidade igual à espessura do reboco, que não deve ser superior a 3cm.
- 7.3.2. O rejuntamento deve ser efetuado com material industrializado, com termo de garantia do fabricante para resistir a ações de fungos, lixiviação e ciclagem térmica.
- 7.3.3. Nas Alvenarias Internas, que não forem revestidas com material cerâmico, deverá ser utilizada Tinta Acrílica Semi-Brilho Branco Gelo.
- 7.3.4. Os Rodapés serão realizados em Porcelanato igual ao do piso com $h = 10$ cm.
- 7.3.5. Nas Áreas Molhadas (Sanitários / Cozinha / Serviço) serão utilizados Porcelanato 30x60 cm, conforme especificado pelo Responsável pelo Projeto de Paginação.
- 7.3.6. As peças deverão ser assentes sobre um emboço desempenado, com argamassa colante industrializada ACIII-E, no traço recomendado pelo fabricante. As peças serão rejuntadas com rejunte flexível siliconado na cor da peça cerâmica.
- 7.3.7. Deverão apresentar espessura e dimensões uniformes, esmalte perfeitamente liso sobre superfície plana, dificilmente riscável por ponta de aço.
- 7.3.8. As arestas deverão ser bem definidas.
- 7.3.9. Não deverão apresentar deformações, empenamentos ou escamas.
- 7.3.10. São válidas estas recomendações para todos os arremates e acessórios.
- 7.3.11. Quando necessário, os cortes e furos de azulejos, cerâmicas e porcelanatos só poderão ser feitos com equipamento próprio para essa finalidade, não se admitindo processo artesanal.

7.4. Pintura

- 7.4.1. As superfícies serão cuidadosamente limpas e convenientemente preparadas para o tipo de pintura a que se destinam.
- 7.4.2. A eliminação da poeira deverá ser completa, tomando-se precauções especiais contra o levantamento de pó durante os trabalhos, até que as tintas sequem inteiramente.
- 7.4.3. As superfícies só poderão ser pintadas quando perfeitamente enxutas.
- 7.4.4. Cada demão de tinta só poderá ser aplicada quando a precedente estiver totalmente seca. Convém cumprir as recomendações do fabricante quanto ao intervalo entre as demãos.
- 7.4.5. Igual cuidado haverá entre as demãos de massa e tinta observando-se o intervalo mínimo recomendado.
- 7.4.6. Serão adotadas precauções especiais no sentido de se evitar respingos de tinta nas superfícies não destinadas a pintura (tijolo aparente, mármore, vidros, ferragens de esquadrias, etc). Os respingos que não puderem ser evitados deverão ser removidos enquanto a tinta estiver fresca, empregando-se o removedor adequado.
- 7.4.7. Manchas de gordura serão eliminadas com uma solução de detergente e água, na proporção 1:1. A superfície deverá ser enxaguada e deixada para secar. No caso de esquadrias de madeira deverá ser utilizado solvente do tipo aguarraz.
- 7.4.8. Caso apresente mofo, o mesmo será eliminado lavando-se a superfície com uma solução de água sanitária e água, na proporção de 1:1. A superfície deverá ser enxaguada e deixada para secar.
- 7.4.9. Em caso de umidade causada por vazamento, o mesmo deverá ser corrigido.

- 7.4.10. Havendo caiação, deverá ser eliminada com escova de aço.
- 7.4.11. Partes soltas ou crostas de tintas antigas deverão ser eliminadas com uma espátula.
- 7.4.12. As superfícies indicadas (paredes internas e externas) receberão uma pintura com tinta acrílica em pelo menos 02 (duas) demãos. Antes de receber a pintura, as paredes deverão ser convenientemente lixadas e emassadas com massa corrida (interna ou externa, dependendo do local de aplicação). A massa corrida e as tintas utilizadas deverão ser de boa qualidade e respeitando as cores indicadas no projeto.
- 7.4.13. A tinta aplicada será bem espalhada sobre a superfície, e a espessura da película de cada demão será a mínima possível e livre de escorrimentos, obtendo-se o acabamento através de demãos sucessivas. Cada demão de tinta só poderá ser aplicada quando a precedente estiver perfeitamente seca, o que evitará enrugamentos e deslocamentos.
- 7.4.14. Nas Fachadas, onde for indicado, serão utilizadas Tinta Acrílica Semi-Brilho, cor: a definir e Revestimento Itacolomy com pedras serradas na parte externa da Escada, conforme Projeto Arquitetônico.
- 7.4.15. Nas esquadrias de madeira, antes da pintura, as mesmas serão convenientemente lixadas e preparadas com fundo nivelador.
- 7.4.16. As esquadrias indicadas receberão uma pintura com tinta esmalte sintética em pelo menos 02 (duas) demãos. Antes de receber a pintura, as esquadrias deverão ser convenientemente lixadas e receberão 1 (uma) demão de fundo branco fosco. O fundo preparador e a tinta utilizada deverão ser de boa qualidade.
- 7.4.17. Após o emassamento, as esquadrias de madeira deverão receber um tratamento com lixa apropriada e finalmente, duas demãos de tinta na tonalidade pré-estabelecida.
- 7.4.18. Todas as portas, forras e alisares (Internos) serão pintados com verniz de boa qualidade, na cor a combinar com o responsável e segundo as recomendações de projeto.
- 7.4.19. Será aplicada massa à base de óleo em todas as esquadrias de madeira com o fim de assegurar um acabamento livre de imperfeições.
- 7.4.20. Todas as esquadrias metálicas, antes da pintura, receberão uma pintura antiferrugem com zarcão.
- 7.4.21. Os Portões em Alumínio serão pintados com Pintura Eletrostática Branca.

8. REVESTIMENTO DOS PISOS

8.1. Revestimento Cerâmico

- 8.1.1. Na Área Interna será utilizado Porcelanato ou Cerâmica Tipo A PEI 5 nas dimensões 60x60 ou 50x50 cm, conforme especificado em Projeto de Paginação a ser realizado pela Construtora Contratada no regime e aprovado pelo CEAR.
- 8.1.2. Na Área Interna (Acesso aos quartos) será utilizado Piso cimentado, conforme especificado no Projeto Arquitetônico e pelo Responsável pelo Projeto de Paginação.
- 8.1.3. Na Área Interna (Jardins) será utilizado grama esmeralda, conforme especificado no Projeto Arquitetônico e pelo Responsável pelo Projeto de Paginação.
- 8.1.4. As peças cerâmicas deverão ser assentes sobre um emboço desempenado, com argamassa colante industrializada ACIII-E, no traço recomendado pelo fabricante. As peças serão rejuntadas com rejunte flexível siliconado na cor da peça cerâmica.
- 8.1.5. Deverão apresentar espessura e dimensões uniformes, esmalte perfeitamente liso sobre superfície plana, dificilmente riscável por ponta de aço.
- 8.1.6. As arestas deverão ser bem definidas.
- 8.1.7. Não deverão apresentar deformações, empenamentos ou escamas.

8.1.8. São válidas estas recomendações para todos os arremates e acessórios.

8.1.9. Quando necessário, os cortes e furos de azulejos, cerâmicas e porcelanatos só poderão ser feitos com equipamento próprio para essa finalidade, não se admitindo processo artesanal.

8.2. Soleiras em Granito

8.2.1. Trata-se de um material de alta resistência, com pequena porosidade, resistente à água, de fácil manuseio e adequação às medidas do local.

8.2.2.- Dimensões: L (comprimento variável) x 15cm (largura) x 17mm (altura)

8.3. Piso Tátil e de Alerta

8.3.1. Piso cromo diferenciado tátil de alerta / direcional, em borracha para áreas internas e pré-moldado em concreto para áreas externas, em cor contrastante com a do piso adjacente, por exemplo, em superfícies escuras (preta, marrom, cinza escuro, etc.): piso amarelo ou azul. Recomenda-se a utilização do tipo Integrado (de borracha), para uso em áreas internas - inclusive molhadas e molháveis - e Externo (cimentício).

8.3.2.- Piso Tátil Direcional/de Alerta em borracha Integrado (áreas internas)

8.3.3. Pisos em placas de borracha, de assentamento com argamassa, indicados para aplicação em áreas internas e externas. Neste caso, não deve haver desnível com relação ao piso adjacente, exceto aquele existente no próprio relevo.

8.3.4.- Dimensões: placas de dimensões 300x300 mm com espessura de 7mm,

8.3.5.- Piso Tátil Direcional/de Alerta cimentício, tipo ladrilho hidráulico (áreas externas)

8.3.6. Pisos em placas cimentícias, de assentamento com argamassa, indicados para aplicação em áreas internas e externas.

8.3.7.- Dimensões: placas de dimensões 250x250 mm com espessura de 20mm,

8.4. Calçada de Contorno

8.4.1. Circulando toda a construção, será executada uma calçada de proteção. A mesma terá embasamento em alvenaria de 1 vez, laje de impermeabilização em concreto simples no traço 1:4:8 (cimento, areia e brita calcária) e piso em cimentado ou blocos intertratavados ou revestimento cerâmico antiderrapante.

9. IMPERMEABILIZAÇÃO

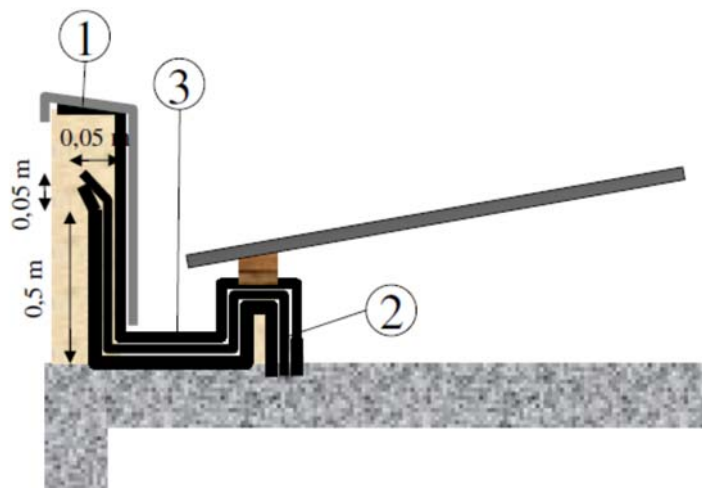
9.1. Impermeabilização de calhas, lajes, escadas, etc.

9.1.1. De acordo com os projetos e quantitativos, as áreas demarcadas receberão impermeabilização.

9.1.2. O substrato de concreto deverá receber uma limpeza e a seguir, proceder-se-á a umidificação da superfície que receberá a regularização.

9.1.3. Em seguida se realizará uma ponte de aderência feita com argamassa de cimento e areia no traço 1:1, colocada com rodo.

9.1.4. Em seguida, proceder-se-á a execução da regularização que deverá ser efetuada com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume com as declividades recomendadas no projeto da cobertura, aferidas com nível topográfico.



- 9.1.5. Em seguida, se dará a execução da manta aluminosa pré-fabricada com espessura de 4mm, na superfície vertical, conforme detalhe acima (1).
- 9.1.6. Em seguida será executada a manta asfáltica (2) com espessura de 4mm, nas superfícies horizontais e engastada nas superfícies verticais, como apresentado no detalhe acima. Deverá ser fixada conforme a norma NBR 9952 (2007).
- 9.1.7. A proteção mecânica (3) deverá ser efetuada em seguida com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume com as declividades recomendadas no projeto da cobertura, aferidas com nível topográfico.
- 9.1.8. A regularização deverá ser efetuada com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume com as declividades recomendadas no projeto da cobertura, aferidas com nível topográfico.
- 9.1.9. O substrato de concreto deverá receber uma limpeza que consistirá na remoção de argamassas antigas e do sistema de impermeabilização que por ventura exista no local detalhado no projeto da cobertura. A seguir, proceder-se-á a umidificação da superfície que receberá a regularização.
- 9.1.10. A espessura mínima da regularização e da proteção mecânica deverá ser superior a 2cm.

10. COBERTA

10.1. Coberta com Telhas Ecológica

- 10.1.1. Toda a cobertura indicada no projeto será executada com telhas Ecológicas na cor Marrom, fixadas no madeiramento da cobertura. A declividade será de acordo com as especificações do projeto arquitetônico.
- 10.1.2. As calhas serão executadas em concreto armado, com dimensões indicadas no projeto, com declividade mínima de 1% e manta asfáltica.
- 10.1.3. Nos tubos de ventilação serão previstos os desvios necessários para que eles não passem através das telhas.
- 10.1.4. Deverão ser feitos todos os arremates de algeroz, cumeeiras, espigões etc, e serão feitos em conformidade com o projeto.
- 10.1.5. Deverá ser executada Laje Impermeabilizada com proteção mecânica, Manta Asfáltica e Manta Aluminosa nos locais especificados no Projeto Arquitetônico.

10.2. Madeiras

- 10.2.1. Não poderão ser empregadas, na estrutura, peças de madeira serrada que apresentem defeitos sistemáticos, tais como:
- sofreram esmagamento ou outros danos que possam comprometer a resistência da estrutura;

- b) apresentarem alto teor de umidade (madeira verde);
- c) apresentarem defeitos como nós soltos, nós que abranjam grande parte da seção transversal da peça, rachas, fendas ou falhas exageradas, arqueamento, encurvamento ou encanoamento acentuado etc.;
- d) não se ajustarem perfeitamente nas ligações;
- e) desvios dimensionais (desbitolamento);
- f) apresentarem sinais de deterioração, por ataque de fungos, cupins ou outros insetos.

10.2.2. As espécies de madeira, do tipo folhoso, a serem empregadas, deverão ser naturalmente resistentes ao apodrecimento e ao ataque de insetos, e de preferência ser previamente tratadas. Do pedido de fornecimento precisam constar, entre outros, a espécie da madeira, o tipo e as bitolas da peça e o comprimento mínimo ou exato de peças avulsas.

10.2.3. Todo o madeiramento, antes de ser levado para a cobertura, será imunizado com aplicação, por imersão, de cupinicida na dosagem recomendada pelo fabricante.

10.3. Coberta em Pannel Fotovoltaico

10.3.1. A cobertura da garagem será em pannel fotovoltaico do tipo de módulo YL310P-35b , Potência de saída P_{max} 310 W , Tolerância ΔP_{max} 0/+5 W; Eficiência do módulo η_m 16,0 %; Tensão em P_{max} V_{mpp} V 36,3 V; Intensidade em P_{max} I_{mpp} 8,53 A Tensão em circuito aberto V_{oc} V 45,6 V; Corrente de curto-circuito I_{sc} 8,99 A. Total: 16 módulos.

10.4. Estrutura Metálica

10.4.1. A estrutura metálica para fixação dos painéis fotovoltaicos deverá atender ao especificado pelo fornecedor dos painéis, bem como está de acordo com o especificado em projeto de cobertura fornecido pela Construtora Contratada, no RDC na Modalidade Contratação Integrada.

10.4.2. O referido projeto deverá ter a aprovação da Equipe Técnica do CEAR designada para acompanhamento da Obra.

10.5. Rufos

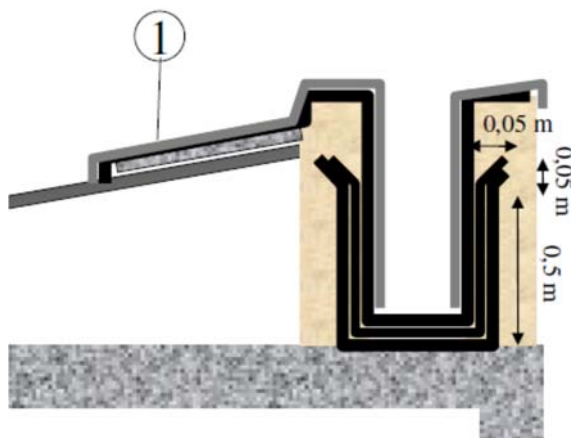
10.5.1. Nos locais que tiver algeroz, o mesmo deverá ser executado em concreto armado feito com Cimento Portland CII E-32, areia média, aço CA50 e brita 1.

10.5.2. O algeroz será em concreto armado, pré-moldado no local, com dimensões mínimas de 0,20 de largura e 0,04 m de espessura, fixado na alvenaria da platibanda de modo que fique em balanço.

10.5.3. Devem ser tomados todos os cuidados aos realizados para concretos armados.

10.5.4. Quaisquer dúvidas e esclarecimentos devem ser tomados junto ao Engenheiro responsável pela obra.

10.5.5. Será realizado uma impermeabilização com manta aluminosa pré-fabricada de 4mm e primer asfáltico (1), conforme detalhe esquematizado abaixo.

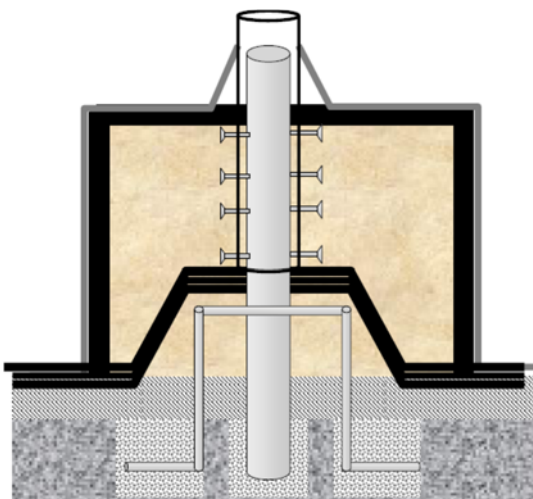


10.6. Descidas d'água Pluviais em PVC de 150mm

- 10.6.1. Os tubos de queda e descidas d'água pluviais devem ser realizadas em PVC de 150mm.
- 10.6.2. O encontro da manta com o ralo deverá ser executado de acordo com o detalhe abaixo.
- 10.6.3. A manta deverá sobrepor a face interior do ralo sendo o prolongador posicionado posteriormente.
- 10.6.4. Após a colocação da proteção mecânica, uma junta selante, de material do tipo mastique, deverá ser colocado entre o prolongador do ralo e a referida proteção.
- 10.6.5. Este mastique deverá ser resistente a UV, e necessitará de manutenção periódica.

10.7. Chumbadores

- 10.7.1. O posicionamento de barras de fixação deverá ser feito de forma que haja duas camadas de impermeabilização conforme o detalhe abaixo.
- 10.7.2. A fixação dos tubos deverá ser feita com argamassa do tipo grout.
- 10.7.3. A confecção de caixas dos chumbadores deverá ser realizada com Cimento Portland CII E-32, areia média, brita 1, aço CA-50 de 6.3mm e CA-60 de 4.2mm, e arame recozido.
- 10.7.4. O concreto para sua execução deve ser feito mecanicamente em betoneira.



10.8. Teto Jardim

- 10.8.1. O telhado proposto é composto por barras de bambu, lona plástica, bandejas elaboradas com chapas, uma camada de pedrisco médio para drenagem e, sob estes, aproximadamente 20 cm de terra. Para a vegetação, é importante que a espécie não cresça demasiadamente, possua raízes curtas e se comporte bem à exposição direta do sol e chuva (Figura 7). As barras de bambu deverão ser colocadas lado a lado e unidas com parafuso, para evitar o rompimento das peças. Essa "laje de bambu" será parafusada nas vigas também de bambu. Paralelamente, será montado um beiral

de aproximadamente 80 cm de projeção. Sobre a laje serão usadas as bandejas de chapas (Tetra Pak e celulose).

10.8.2. Esta proposta poderá ser modificada mediante avaliação e após a confecção final do projeto do teto jardim. O mesmo só poderá ser executado após a aprovação da Equipe Técnica do CEAR.

10.9. Forro de Gesso

10.9.1. O forro de gesso deverá seguir as especificações e detalhes constante no Projeto de Gesso fornecido.

10.9.2. Deverá ser utilizada mão-de-obra qualificada, tomando os devidos cuidados para evitar quebras não anexando ao contratante prejuízos oriundos de má execução ou quebra do forro.

10.9.3. O forro de gesso, será em placas presas a fios de arame galvanizado nº 18 encapado, os quais constituirão os tirantes que manterão as placas suspensas no teto.

10.9.4. Para tetos em laje de concreto esses tirantes serão presos em pinos de aço ¼” com furo, cravados no concreto; e para suspensão das placas de gesso em madeiramento auxiliar, os tirantes serão presos em caibros serrados na seção 2½” x 2”, chumbados nas paredes, espaçados de 60 cm, nivelados pela face inferior, tendo vão livre máximo de 3,00 m.

10.9.5. As placas de gesso deverão ser niveladas, alinhadas e encaixadas uma às outras e, na face não exposta deverá ser executado um rejuntamento com pasta de gesso e fios de sisal.

10.9.6. Para forros com isolamento deverá ser aplicado um material isolante, com malha de inteiriça de fibra; ou uma camada de lã de vidro ou outro material apropriado, na parte superior da placa, para aumentar o grau de isolamento acústico do forro. E na face aparente, o rejuntamento deverá ser feito com pasta de gesso, pois a superfície aparente deverá ficar lisa e sem irregularidades, pronta para receber a pintura.

10.9.7. O forro poderá ser aplicado em diferentes níveis, de modo a possibilitar instalar um sistema de iluminação indireta, de acabamento estético agradável ou de acordo com o recomendado pelo projeto.

10.9.8. A colocação das placas deverá obedecer rigorosamente às recomendações do fabricante.

11. ESQUADRIAS

11.1. Esquadrias de Alumínio, Vidro e Madeira

11.1.1. As Janelas serão do tipo de correr em Madeira ou de acordo com o especificado em Projeto de Esquadrias, previamente aprovado pela Equipe do CEAR.

11.1.2. Serão utilizados Painéis de Vidro Temperado Laminado Refletivo na Fachada, de acordo com o especificado no Projeto Arquitetônico e no de Esquadrias, previamente aprovado pela Equipe do CEAR.

11.1.3. As Portas Internas serão realizadas em Madeira, tipo ficha horizontal (de abrir e de correr, conforme especificação do projeto arquitetônico).

11.1.4. A porta Interna que dará acesso a Plataforma de acesso ao piso superior, será realizada em Madeira, tipo ficha horizontal, com vidro, conforme especificações do projeto arquitetônico.

11.1.5. Serão utilizados Portões em Alumínio do Tipo Veneziana com Pintura Eletrostática Branca (correr) no Shaft destinado a monitoramento da edificação.

11.2. Telas de Proteção em Nylon

11.2.1. Tela de proteção tipo mosquiteiro em nylon, como objetivo de evitar a entrada de insetos nas áreas de preparo e armazenagem de alimentos, cor cinza ou verde. O conjunto é composto de tela cor cinza ou azul, barra de alumínio para moldura, kit cantoneira e corda de borracha para vedação.

11.2.2. - Dimensões variáveis conforme detalhamento de esquadrias.

11.3. Fechaduras e Dobradiças

11.3.1. As ferragens deverão ser de latão ou em liga de alumínio, cobre, magnésio e zinco, com partes de aço. O acabamento deverá ser cromado.

11.3.2. As dobradiças devem suportar, com folga o peso das portas e o regime de trabalho que venham a ser submetidas. Os cilindros das fechaduras deverão ser do tipo monobloco.

11.3.3. Para as portas externas, para obtenção de mais segurança, deverão ser utilizados cilindros reforçados. As portas internas poderão utilizar cilindros comuns.

11.3.4. Nas portas indicadas em projeto, onde se atende a NBR 9050, serão colocados puxadores especiais, nos dois lados (interno e externo) de cada porta.

11.4. Corrimão

11.4.1. Serão realizados e executados Corrimãos da Escada em Tubo de 2" de Aço Inoxidável, com Fixação conforme especificação de projeto.

12. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS/TELEFÔNICAS

12.1. No projeto de instalações elétricas foi definido a distribuição geral das luminárias, pontos de força, comandos, circuitos, chaves, proteções e equipamentos. O atendimento à edificação foi considerado em baixa tensão, conforme a tensão operada pela concessionária local em 110V ou 220V. Os alimentadores foram dimensionados com base o critério de queda de tensão máxima admissível considerando a distância aproximada de 40 metros do quadro geral de baixa tensão até a subestação em poste. Caso a distância seja maior, os alimentadores deverão ser redimensionados.

12.2. Os circuitos que serão instalados seguirão os pontos de consumo através de eletrodutos, condutores e caixas de passagem. Todos os materiais deverão ser de qualidade para garantir a facilidade de manutenção e durabilidade.

12.3. A alimentação elétrica da casa é constituída por uma micro-rede residencial, composta de três fontes de geração distribuída (painéis fotovoltaicos, gerador eólico e a própria rede) com capacidade de suprir cargas de corrente alternada (CA) e de corrente contínua (CC), incluindo a alimentação de um veículo elétrico.

12.4. 3 (três) Inversores: ENTRADA - Potência máxima de entrada: 3210W. Tensão máxima de entrada: 550Vcc Faixa de Tensão do MPP: (165Vcc a 440Vcc). Tensão mínima de entrada: 165Vcc Tensão para inicialização: 185Vcc. Corrente máxima de entrada: 19,8^a. SAÍDA - Potência nominal de saída: 3000W. Tensão de saída (faixa): 180Vca a 270Vca. Frequência de saída: 60Hz. Corrente máxima de saída: 14,5A. OUTRAS CARACTERÍSTICAS - Eficiência Máxima: 96,1%. Consumo interno (noite): <1W. Temperatura de Operação: -25°C a +50°C. Frequência de saída: 60Hz.

12.5. 2 (dois) Carregadores de veículos: Características Elétricas Entrada Sistema de aterramento /Seção transv. TT ou TN-S / Max. 10mm² Conexão a rede Frequência/Tensão Nominal 50/60Hz / 230V ± 10% Saída Potência Máxima 7.2kW (32A em 230V) Corrente Nominal Hardware 10/13/16/32A customizável - padrão 32A Software 6-32A customizável Carregamento Modo de carregamento Modo 3 Tipo de conexão do cabo (Exemplo: Citroën, Peugeot, Mitsubishi, Opel, Nissan e Renault) Conexão da tomada Tipo C Intertravamento Eletromecânico. Destrava em caso de falta de energia Cabo de carregamento 5m, 3x6mm² + 1x0.5mm²/32A/240V Proteção a pessoas (DR) 30mA - Disjuntor (MCB) 32A - 6kA - Curva C Jusante Contator abre de acordo com as características de disparo esp

12.6. Os disjuntores serão instalados conforme orientação do fabricante e do projeto elétrico, sendo de 250V e 40 A.

- 12.7. Antes da energização do disjuntor, deverá ser verificada a livre movimentação da alavanca através de acionamento da mesma.
- 12.8. Os quadros de distribuição de energia dos circuitos terminais poderão ser em chapa de aço ou de plástico, contando com porta para proteção dos disjuntores e barramento em cobre, conforme o padrão utilizado. O mesmo seguirá ainda o especificado no projeto elétrico.
- 12.9. As tensões de alimentação serão 220 V CA, 350 V CC e 220 V CC.
- 12.10. A micro-rede pode operar de modo isolado ou conectada à rede.
- 12.11. A água quente será produzida, sem o consumo da energia elétrica, através de um sistema termo-solar. Outras fontes de geração distribuída, poderão ser adicionadas, posteriormente.
- 12.12. Todas as instalações elétricas deverão ser executadas em conformidade com as Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, sendo respeitadas as exigências da concessionária local e estas especificações e respeitando os projetos realizados.
- 12.13. A execução das instalações só poderá ser feita por profissionais devidamente habilitados, o que não eximirá a Empreiteira da responsabilidade.
- 12.14. Toda a instalação será inspecionada e testada tão logo seja concluída, sendo verificada a continuidade e o isolamento dos circuitos e o funcionamento dos interruptores e proteções.
- 12.15. As instalações elétricas só serão aceitas quando entregues em perfeitas condições de funcionamento e ligados à rede da empresa fornecedora de energia local.
- 12.16. Serão utilizadas 7 vias 10mm para a conexão do shaft aos quadros de disjuntor dos quartos/banheiro, da cozinha/sala. (TFNABCD), 2 vias 10mm + 1 via 2,5mm para a conexão entre shaft e a tomada do carro (TXY), 2 vias 6mm + 1 via 2.5mm do chuveiro à caixa de disjuntores dos quartos (TXY), 7 vias 2,5mm para todas as tomadas (TFNABCD), 2 vias 1,5mm para todos os circuitos de iluminação (XY) onde as trocas de circuitos podem ser feitas nas caixas de disjuntores e 2 vias 6mm para ligar cada conjunto de 7 painéis em série ao Shaft. (PN).
- 12.17. Os cabos a serem utilizados serão: T – Terra; F – Fase; N – Neutro; A - Circuito DC 350V, positivo; B - Circuito DC 350V, negativo; C - Circuito DC 220V, positivo; D - Circuito DC 220V, negativo; X - Circuito com conexão variável, fase/positivo; Y - Circuito com conexão variável, neutro/negativo; P - Pannel, Positivo e N - Pannel, Negativo.
- 12.17.1. Os circuitos terminais internos deverão ser utilizados fios ou cabos conforme indicação em projeto, com isolamento para 750V, camada isolante em PVC, do tipo BWF (resistente à chama), os quais serão embutidos em eletrodutos de PVC rígido.
- 12.18. O Projeto Padrão Tipo B prevê tomadas RJ-45, incluindo os pontos destinados a telefones, e 3 pontos para acesso (AP-Access Point) para rede sem fio (WLAN – Wireless Local Area Network).
- 12.19. Serão utilizadas Luminárias internas com 2 lâmpadas de LED bulbo 9W, conforme quantidade especificadas nos projetos de gesso e pontos elétricos.
- 12.20. Serão utilizadas Arandelas simples para os banheiros.
- 12.21. Na área externa serão utilizados Balizadores Externo Embutidos para 01 lâmpada compacta de 11W, conforme quantidade especificadas nos projetos de gesso e pontos.
- 12.22. Na área externa serão utilizados Embutido de solo Branco para 01 lâmpada compacta de 11W, conforme quantidade especificadas nos projetos de gesso e pontos.
- 12.23. Toda a energia utilizada na casa será monitorada por sistemas e nós sensores, e que para tanto serão necessários que as caixas de tomadas, interruptores e toda e qualquer parte para monitoração, seja utilizada caixa 4x4.
- 12.24. As caixas poderão ser embutidas ou aparentes nas paredes e lajes ou onde for necessário, a menos que especificado de outra forma em projeto.
- 12.25. O assentamento das caixas deverá obedecer ao projeto elétrico em nível, prumo e alinhamento.

- 12.26. Quando se tratarem de instalações embutidas em alvenaria, o serviço consistirá na abertura de rasgo, no assentamento da caixa e conexão aos eletrodutos e na sua chumbeação no rasgo, com argamassa de cimento e areia.
- 12.27. Os cortes necessários ao chumbamento ao embutimento das caixas deverão ser efetuados com o máximo de cuidado, com o objetivo de causar o menor dano possível aos serviços já concluídos.
- 12.28. Para o perfeito monitoramento a rede deverá ser composta por nós sensores que não deverão ser alimentados pela rede elétrica da casa evitando-se assim a ação elétrica extra.
- 12.29. Os nós sensores deverão não usar baterias ou pilhas atendendo assim à questão ecológica ambiental.
- 12.30. Os nós sensores deverão ser alimentados por técnicas de colheita de energia (Energy Harvesting) convertendo, aproveitando e acumulando os diferentes tipos de energia disponível no ambiente da casa (e.g: luminosa, térmica, fluxo de água, fluxo de ar, vibracional, etc.)
- 12.31. Os nós sensores deverão ser facilmente realocados para outros pontos.
- 12.32. Todos os dados medidos deverão ser transmitidos a um nó concentrado que por sua vez se interligará a uma TV em que os dados serão expostos aos visitantes da casa.
- 12.33. Os dados medidos também deverão compor uma base de dados para uso em pesquisas.
- 12.34. Monitorar o consumo de eletrodomésticos através de um nó sensor sem fio interligado com a rede de sensores proposta acima.
- 12.35. A energia que alimentará este nó será a indução magnética gerada pela corrente elétrica que alimenta o eletrodoméstico.

13. INSTALAÇÕES HIDRAULICAS E SANITÁRIAS

- 13.1.1. Para o abastecimento de água potável dos estabelecimentos de ensino, foi considerado um sistema indireto, ou seja, a água proveniente da rede pública não segue diretamente aos pontos de consumo, ficando armazenada em reservatórios, que têm por finalidade principal garantir o suprimento de água da edificação em caso de interrupção do abastecimento pela concessionária local de água e uniformizar a pressão nos pontos e tubulações da rede predial. A reserva que foi estipulada é equivalente a dois consumos diários da edificação.
- 13.2. Todos os serviços deverão estar de acordo com as prescrições da ABNT relativas ao fornecimento de materiais e à execução de instalações prediais hidrosanitárias, sendo respeitadas as especificações dos projetos.
- 13.3. A execução das instalações só poderá ser feita por profissionais devidamente habilitados, o que não eximirá a Empreiteira da responsabilidade.
- 13.4. Toda a instalação será inspecionada e testada tão logo seja concluída.
- 13.5. As instalações só serão aceitas quando entregues em perfeitas condições de funcionamento e ligados à rede da empresa fornecedora local.
- 13.6. O material a ser usado, tanto na tubulação como nas conexões, juntas, etc. serão do tipo PVC rígido, soldável, de boa qualidade e diâmetro dos ramais tais que permitam vazão conveniente com as peças.
- 13.7. Os serviços de instalações hidráulicas de água fria serão os atendimentos dos pontos de utilização de torneiras e sanitários, de todos os compartimentos com exceção daqueles onde serão instalados pontos de água quente. Toda execução de água e esgoto seguirão rigorosamente o projeto.
- 13.8. Os serviços de instalações hidráulicas de água quente serão os atendimentos dos pontos de utilização chuveiro e máquina de lavar. Toda execução de água e esgoto seguirão rigorosamente o projeto.

- 13.9. Serão construídas caixas de passagem de ligações, compatíveis com a rede. Estas serão ligadas à via coletora.
- 13.10. As caixas coletoras serão de alvenaria e terão dimensões indicadas em projeto, com tampa de concreto armado com espessura de 5 cm. O revestimento interno será de argamassa de cimento no traço 1:4
- 13.11. As caixas de gorduras terão dimensões indicadas em projeto, com tampa de concreto armado com espessura de 5 cm. O revestimento interno será de argamassa de cimento no traço 1:4.
- 13.12. O sistema de ventilação será constituído por colunas de ventilação, tubos ventilador-primários e ou secundários e ramais de ventilação.
- 13.13. Os ralos e caixas sifonadas serão executados em PVC e deverão ser perfeitamente adaptados aos condutores e apresentar rebordo apropriado que permita completa vedação.
- 13.14. Antes do início de execução dos revestimentos, toda a instalação hidráulica será testada quanto à estanqueidade, para verificação de possíveis pontos de vazamentos ou falhas nas juntas.
- 13.15. As tubulações de PVC para instalações hidráulicas de água fria, não deverão ser expostas ao calor ou ao sol direto, evitando-se, assim, variações das pressões de serviço, bem como alterações na estrutura física das paredes do tubo.
- 13.16. Para evitar o comprometimento da eficiência das juntas e das soldas, só será permitido o uso de tubos, conexões e adesivos do mesmo fabricante.
- 13.17. As juntas serão executadas criteriosamente, por profissionais de experiência comprovada, devendo ser observados os procedimentos indicados pelo fabricante.
- 13.18. Em todas as áreas molhadas serão utilizados registro de passagem individual.
- 13.19. Os registros de gaveta e pressão terão corpo fundido em liga de bronze e acabamento cromado quando utilizados em ambientes internos, nos demais casos deverá ser consultado a FISCALIZAÇÃO.
- 13.20. A casa de máquinas está localizada abaixo do reservatório superior e dará acesso a Caixa D'água.
- 13.21. Será utilizado um sistema de aquecimento solar. Para tanto, será utilizado um Coletor Solar Plano com 1,6 m² de área útil e estrutura para suporte, um Boiler com capacidade de 200 l em aço inox ABNT 304, com isolamento térmico, boia, resistência elétrica e termostato e Tubos de cobre 22 mm (10 m), conexões para interligação do coletor ao boiler ,válvulas e registros.
- 13.22. A rede hidráulica para água quente será constituída de: Tubo CPVC, 22 mm (3/4") e 15 mm (1/2"), Joelho de 45° e 90° CPVC 22 mm (3/4") e 15 mm (1/2"), Joelho de transição 90° CPVC, 22 mm (3/4") e 15 mm (1/2"), Tê 90° CPVC, 22 mm (3/4") e 15 mm (1/2"), Luva e Luva de Transição CPVC, 22 mm (3/4") e 15 mm (1/2"), Tê misturador de transição 90° CPVC, 15 mm (1/2"), Conector macho CPVC 22 mm (3/4") e 15 mm (1/2"), Bucha de Redução CPVC 22mm (3/4") x 15mm (1/2"), Registro de Gaveta 3/4" e 1/2", Base para Misturador 20mm (1/2"), Adesivo CPVC 175g e demais conexões que se fizerem necessárias de acordo com projeto específico.
- 13.23. As instalações só serão aceitas quando entregues em perfeitas condições de funcionamento e ligados à rede da empresa fornecedora local.
- 13.24. Serão utilizadas Bacia Sanitária com Caixa Acoplada de duplo acionamento Ecofl 3/6 litros, cor: Branca. As bacias possuirão o sistema de reaproveitamento de água que vem do chuveiro e do lavatório.
- 13.25. Serão utilizados Assento PP, na cor Branco.
- 13.26. Serão utilizadas Ducha Higiênica.
- 13.27. Serão utilizadas Cuba Quadrada de Sobrepor.
- 13.28. Serão utilizados Sifão para Lavatórios tipo Slim.
- 13.29. Serão utilizados Sifão para Cozinha e Serviço do tipo cromado.
- 13.30. Serão utilizados Chuveiro que permitam a instalação de chuveiro elétrico.

- 13.31. Serão utilizadas Cuba de Embutir em Aço Inox na Cozinha.
- 13.32. Será utilizado Tanque em Aço Inox na Área de Serviço.
- 13.33. Serão utilizadas Torneiras de Mesa (Sanitários).
- 13.34. Serão utilizadas Torneira Longa de Parede (Cozinha e Serviço)
- 13.35. Serão utilizados Espelho Cristal 4 mm nos Banheiros.
- 13.36. Todo o sistema de abastecimento de água, vazão, reaproveitamento, entre outros relacionados a água será monitorado por sistemas autônomos, tendo para tanto que ser previsto um espaço aparente (em torno de 15x15x15cm) em que seja exposto trechos do encanamento (em pontos de entradas de água e nas principais torneiras e chuveiros) e que sejam instaladas "luvas" para posterior substituição por nós sensores de vazão.
- 13.37. O esgotamento sanitário será feito através de fossa séptica e sumidouro, de acordo com o Projeto de Instalações Sanitárias a ser realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada, e em conformidade com as necessidades do CEAR.
- 13.38. Será implementado o sistema de filtragem e tratamento do esgoto sanitário para fins de reaproveitamento de água, a ser utilizada para irrigação de áreas de gramíneas. Este projeto deverá estar em conformidade com as normas e Projeto de Detalhamento, a ser realizado pela Construtora Contratada no Regime Diferenciado de Contratações sistema Contratação Integrada, observando o pré-estabelecido pelo CEAR.

14. VENTILAÇÃO E INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO

- 14.1. No quarto principal da edificação será utilizado a adoção de equipamento simples de ar condicionado do tipo Inverter com Capacidade de Refrigeração 9000 Btu/h, Operação Eletrônica, Ciclo Frio. Tensão 220V. Características Técnicas: Consumo 790 W; Compressor Rotativo; Garantia 1 Ano. Principais Funções/Características: Desumidificador, aletas automáticas, aletas de oscilação vertical (swing), oscilação horizontal p/ direita / esquerda (swing), aletas de fechamento automático, ajuste automático do fluxo de ar, reinício automático, comutador automático, sleep timer, timer programável, filtro de íon (desodorizante), filtro de catequina (a base de maçã).
- 14.2. Demais ambientes: adoção de ventiladores de teto, se necessário e especificado em projeto
- 14.3. Serão utilizados 3 (três) Ventiladores de teto - três pás: TENSÃO (Voltagem): 220 V. PESO LÍQ.: 3,8 Kg. POTÊNCIA: 130W. Mais eficiente: A. Consumo de energia (kwh/mês): 1,77, Eficiência energética: 0,040. Vazão (m³/s): 2,34.

15. ACESSIBILIDADE

- 15.1. O acesso ao pavimento superior da Coberta será realizado pela Escada, bem como por uma Plataforma elevatória para cadeirante com capacidade de carga de 275 kg. A plataforma deverá permitir pelo menos 02 pavimentos (percurso até 3 metros). A mesma tem potência de 2 kW, velocidade de 4 m/min, que será ligada na tomada, alimentação de 220V CA monofásico com corrente nominal de 3ª, corrente de partida de no mínimo 12A e com as dimensões de 0,90 m x 1,40 m.

16. DRENAGEM

O projeto de drenagem de águas pluviais compreende:

- 16.1. - Calhas de cobertura: para a coleta das águas pluviais provenientes de parte interna da cobertura dos blocos e pátio;
- 16.2. - Condutores verticais (AP): para escoamento das águas das calhas de cobertura até as caixas de inspeção ou calhas de piso situadas no terreno;

- 16.3. Ralos hemisféricos (RH): ralo tipo abacaxi nas junções entre calhas de cobertura e condutores verticais para impedir a passagem de detritos para a rede de águas pluviais;
- 16.4. Calhas de piso (CP): canaleta coletora para drenagem das águas provenientes dos pátios e solários;
- 16.5. Caixa de ralo (CR): caixa coletora para drenagem de águas superficiais. Trata-se de uma caixa em alvenaria de tijolos maciços e fundo em concreto com grelha de ferro fundido 40x40cm;
- 16.6. Caixa de inspeção (CI): para inspeção da rede, com dimensões de 60x60cm, profundidade conforme indicado em projeto, com tampa de ferro fundido 60x60cm tipo leve, removível;
- 16.7. Poço de visita (PV): para inspeção da rede, com dimensões de 110x110cm, profundidade conforme indicado em projeto, acesso com diâmetro de 60cm, com tampa de ferro fundido de 60cm tipo pesado, articulada;
- 16.8. Ramais horizontais: tubulações que interligam as caixas de inspeção e poços de visita, escoando águas provenientes dos condutores verticais e águas superficiais provenientes das áreas gramadas.
- 16.9. Toda a água aproveitada do sistema de drenagem será reaproveitada para irrigação da horta ou da grama.

17. SISTEMA DE PROTEÇÃO DE INCÊNDIO

O projeto de drenagem de águas pluviais compreende:

- 17.1. Sinalização de segurança: as sinalizações auxiliam as rotas de fuga, orientam e advertem os usuários da edificação.
- 17.2. Extintores de incêndio: para todas as áreas da edificação os extintores deverão atender a cada tipo de classe de fogo A, B e C. A locação e instalação dos extintores constam da planta baixa e dos detalhes do projeto.
- 17.3. Iluminação de emergência: o sistema adotado foi de blocos autônomos 2x7W e 2x55W, com autonomia de 2 horas, instalados nas paredes, conforme localização e detalhes indicados no projeto.

18. DIVERSOS

18.1. Bancadas e Divisórias em Granito

- 18.1.1. Todas as bancadas serão Granito cinza andorinha com acabamento Polido, com dimensões variáveis de acordo com o Projeto arquitetônico.
- 18.1.2. As bancadas da cozinha e do serviço deverão ser instaladas a 90cm do piso.
- 18.1.3. A fixação das bancadas de granito só poderá ser feita após a colagem das cubas (realizada pela marmoraria). Para a instalação das bancadas deve ser feito um rasgo no reboco, para o chumbamento dentro da parede.
- 18.1.4. A divisória terá altura de 1,80m e 60cm de largura. A divisória esta localizada entre a Cozinha e a área de Serviço.

18.2. Plantio de grama

18.2.1. Serão tomadas as seguintes providências para o plantio de grama:

- a) Perfeito revolvimento e afofamento da terra até 30 cm de profundidade.
- b) Precisam ser eliminadas pedras, tocos, torrões duros, entulhos e outros materiais estralhos.
- c) Em toda área indicada no projeto será plantada grama esmeralda sobre aterro vegetal de 10cm de espessura.

18.3. Placa indicativa da obra

18.3.1. Cabe ao CONSTRUTOR providenciar, logo após a assinatura do Contrato, a placa de identificação exigida nas dimensões conforme modelo fornecido.

18.4. Letreiros

18.4.1. Os letreiros indicados em projeto serão abertos com tinta esmalte sintético nas cores e tipos determinados pela FISCALIZAÇÃO.

18.5. Limpeza geral

18.5.1. Os serviços da limpeza geral deverão satisfazer aos seguintes requisitos:

- a) Todas as instalações provisórias e os barracos serão retirados e removidos do local da obra.
- b) Será removido todo o entulho para fora da obra, sendo cuidadosamente limpos e varridos os acessos.
- c) Toda a pavimentação, revestimentos, cimentados, azulejos, vidros, aparelhos sanitário etc. serão limpos e cuidadosamente lavados, de modo a não serem danificadas outras partes da obra, por estes serviços de limpeza.
- d) Todas as manchas e salpicos de tintas serão cuidadosamente removidos, dando-se especial atenção à perfeita execução dessa limpeza nos vidros e ferragens das esquadrias.
- e) Será procedida cuidadosa verificação, por parte da fiscalização, das perfeitas condições de funcionamento e segurança de todas as instalações de água, esgotos, aparelhos sanitários, equipamentos diversos, ferragens etc.

19. DISPOSIÇÕES FINAIS

19.1. Será procedida cuidadosa verificação, por parte da FISCALIZAÇÃO, das perfeitas condições de funcionamento e segurança de todos os serviços executados.

19.2. Em caso de dúvidas, procurar o Responsável Fiscal ou os Contratantes.

CUSTO GLOBAL DA OBRA

OBJETO: PROJETO EXECUTIVO DE CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÃO ECOEFICIENTE

LOCAL: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, CAMPUS JOÃO PESSOA/PB

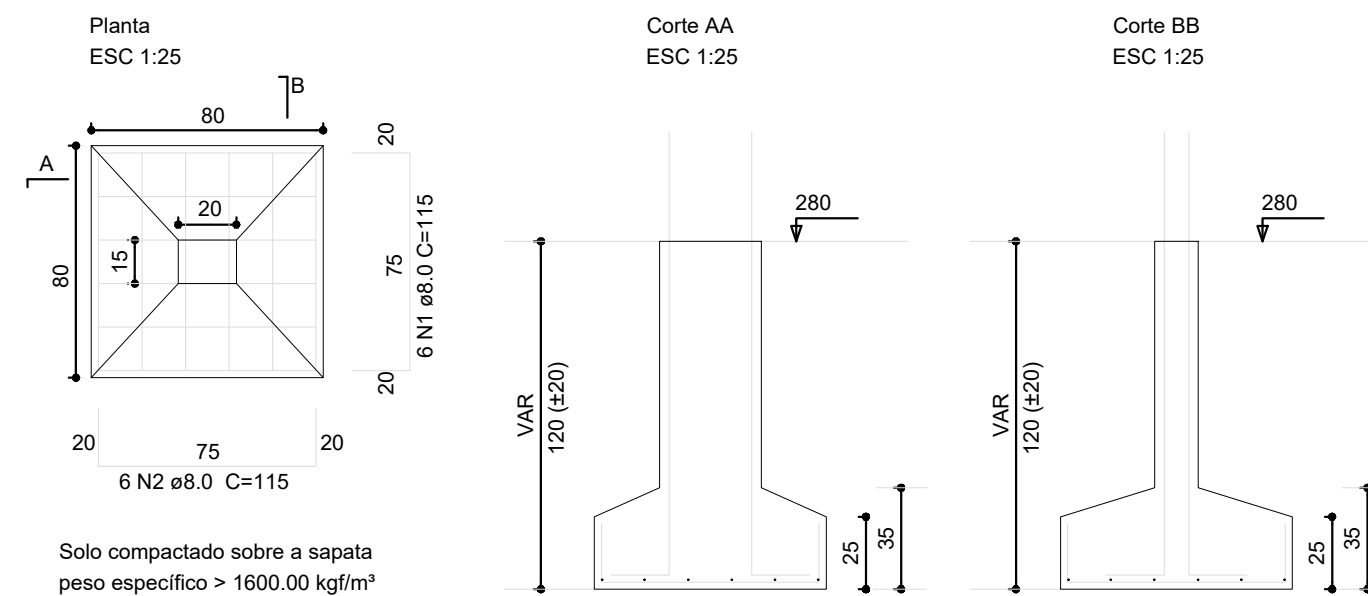
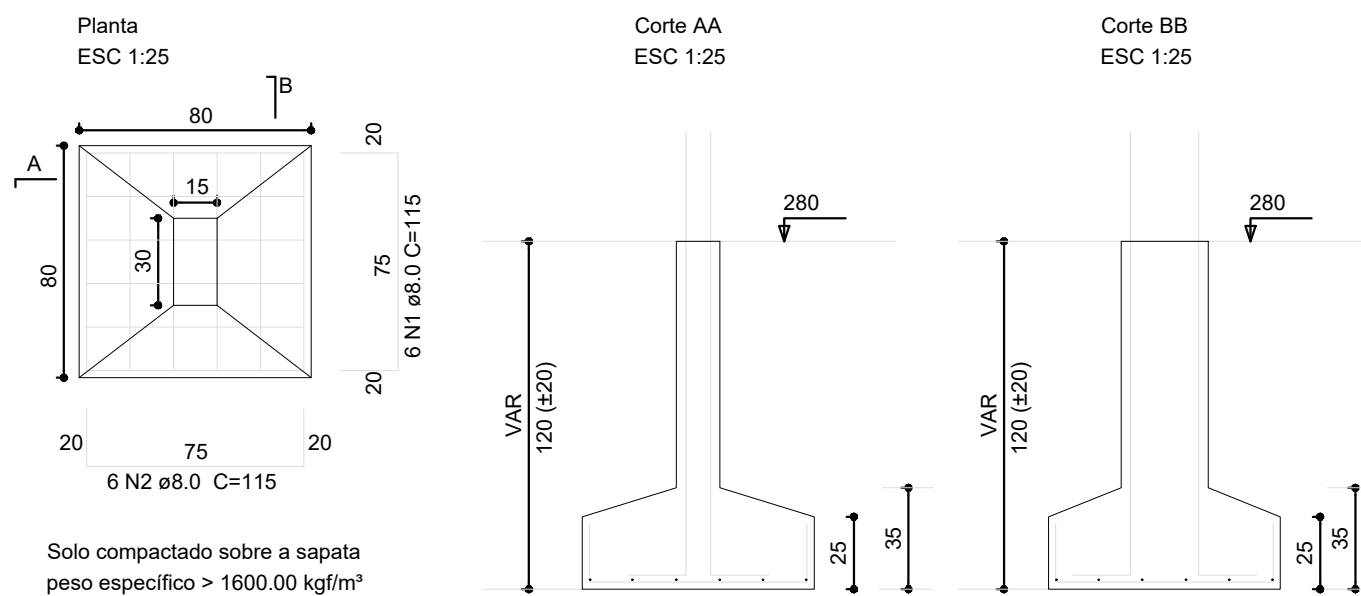
VALOR GLOBAL: R\$ 350.000,00 (Trezentos e Cinquenta Mil Reais)

Em função do projeto em pauta integrar as competências existentes no Centro de Energias Alternativas e Renováveis, convergindo esforços na temática de energia solar, eficiência energética, sustentabilidade, casa com carbono zero, bem como devidos as especificidades do projeto (Cobertura em Painél fotovoltaico, utilização de sistema de aquecimento térmico, utilização de sistemas de monitoramento, sistema de aproveitamento da água, utilização de materiais alternativos de construção, em seus diferentes aspectos de compostos, reciclagem, entre outros aspectos), o valor global da obra está estimado em R\$ 350.000,00 (Trezentos e Cinquenta Mil Reais).

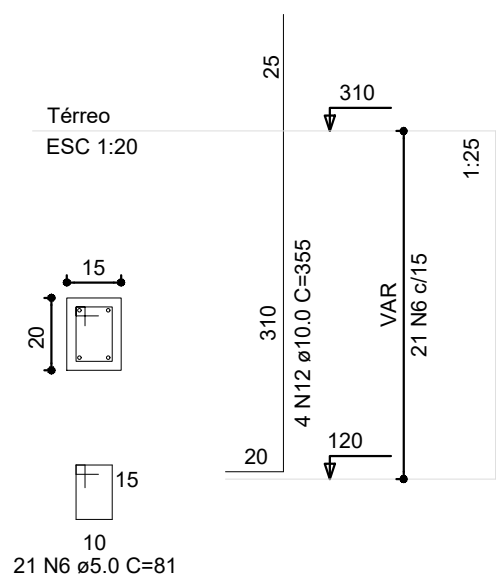
A Construção da Unidade compreende uma área de 134,90m², sendo que destes 29,83m² refere-se a uma garagem sem paredes laterais e cobertas com painéis fotovoltaicos. A construção é composta por um total de 9 ambientes distribuídos em dois Pavimentos na edificação (térreo e 1º pavimento) interligados por uma escada e uma plataforma, distribuídos da seguinte maneira: 2 Quartos, 1 WCB Acessível, Garagem, Sala para dois ambientes, Cozinha, Serviço, Sala de Acesso a Caixa D'água, Laje de Monitoramento.

Ao mesmo tempo observa-se que a edificação servirá de laboratório, já que o monitoramento das diferentes grandezas em jogo, servirão para alimentar o desenvolvimento de novas ideias que permitirão o barateamento e melhoria de soluções, levando em consideração os aspectos ecológicos e auto sustentáveis.

**ANEXO III – PROJETO ESTRUTURAL DA CASA ECOEFICIENTE
NA UFPB**

$$S_{16}=S_{17}=S_{27}=S_{28}$$


Vol. de concreto (C-25) = 9.00 m³

$$P_6 = P_7 = P_{11} = P_{12}$$


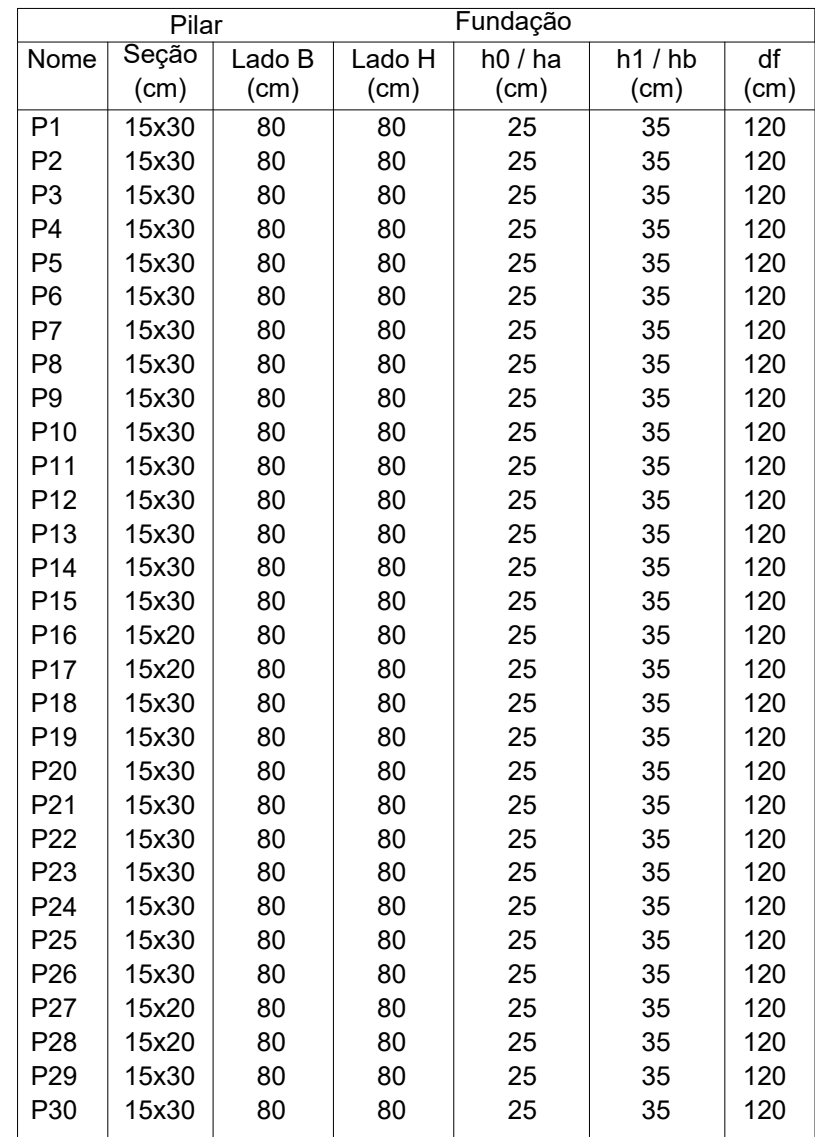
Vol. de concreto (C-25) = 8.00 m³

Vol. de concreto (C-25) = 25.00 m³

PROJETO: _____ CREA: _____

COORDENAÇÃO	
-------------	--

COORDENAÇÃO		
FORMATO	REVISÃO	PRANCHA
DESENHO	R-01 R-02 R-03	ESCALA DATA EMISSÃO DATA

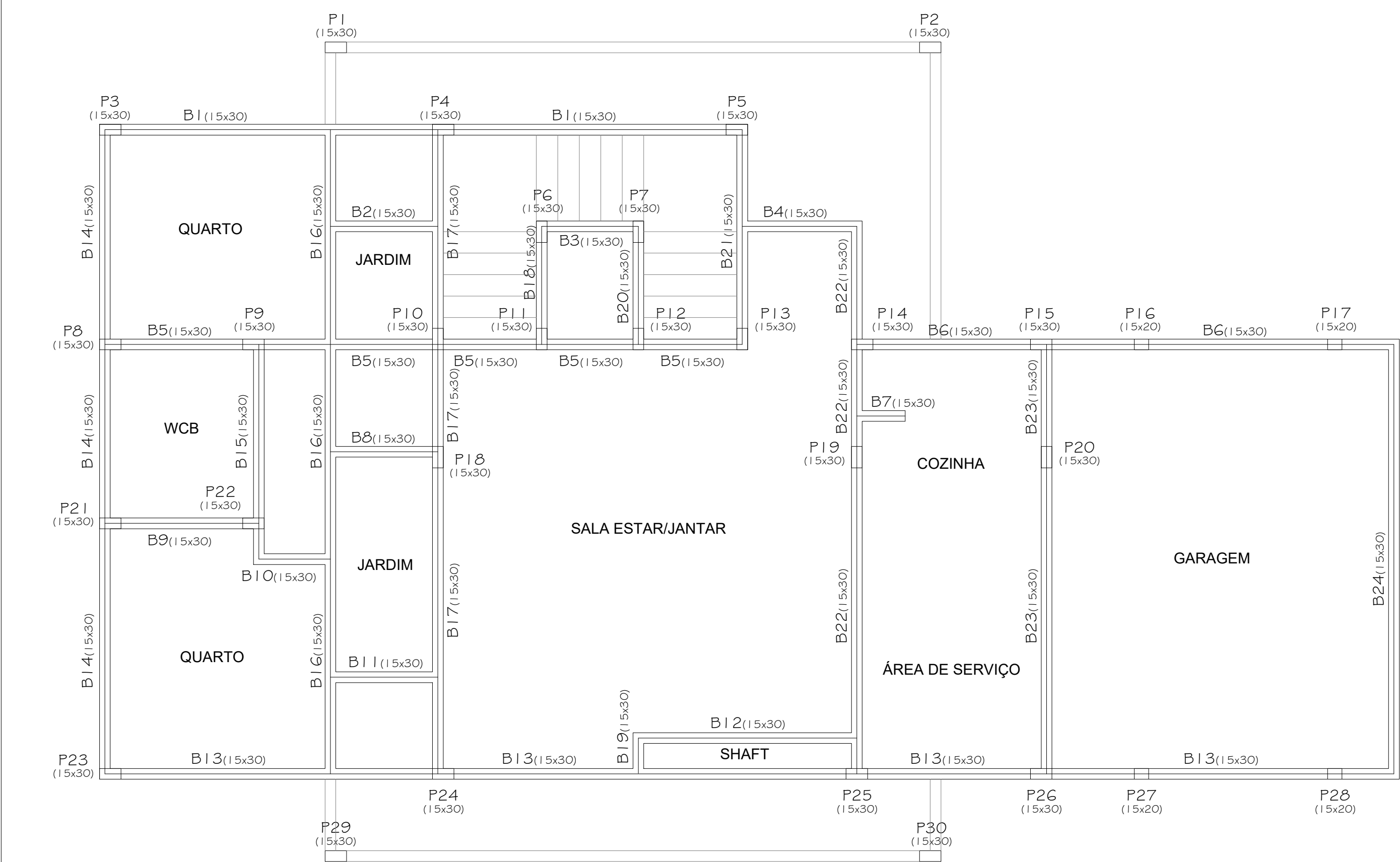


1 PLANTA DE LOCAÇÃO
ESCALA 1/50

PROJETO: _____ CREA: _____

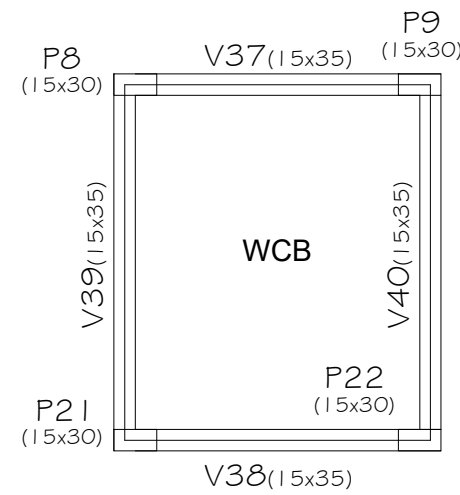
COORDENAÇÃO	
-------------	--

	REVISÃO R-01 R-02 R-03	ESCALA ESCALA DATA EMISSÃO DATA	PRANCHA
FORMATO DESENHO			

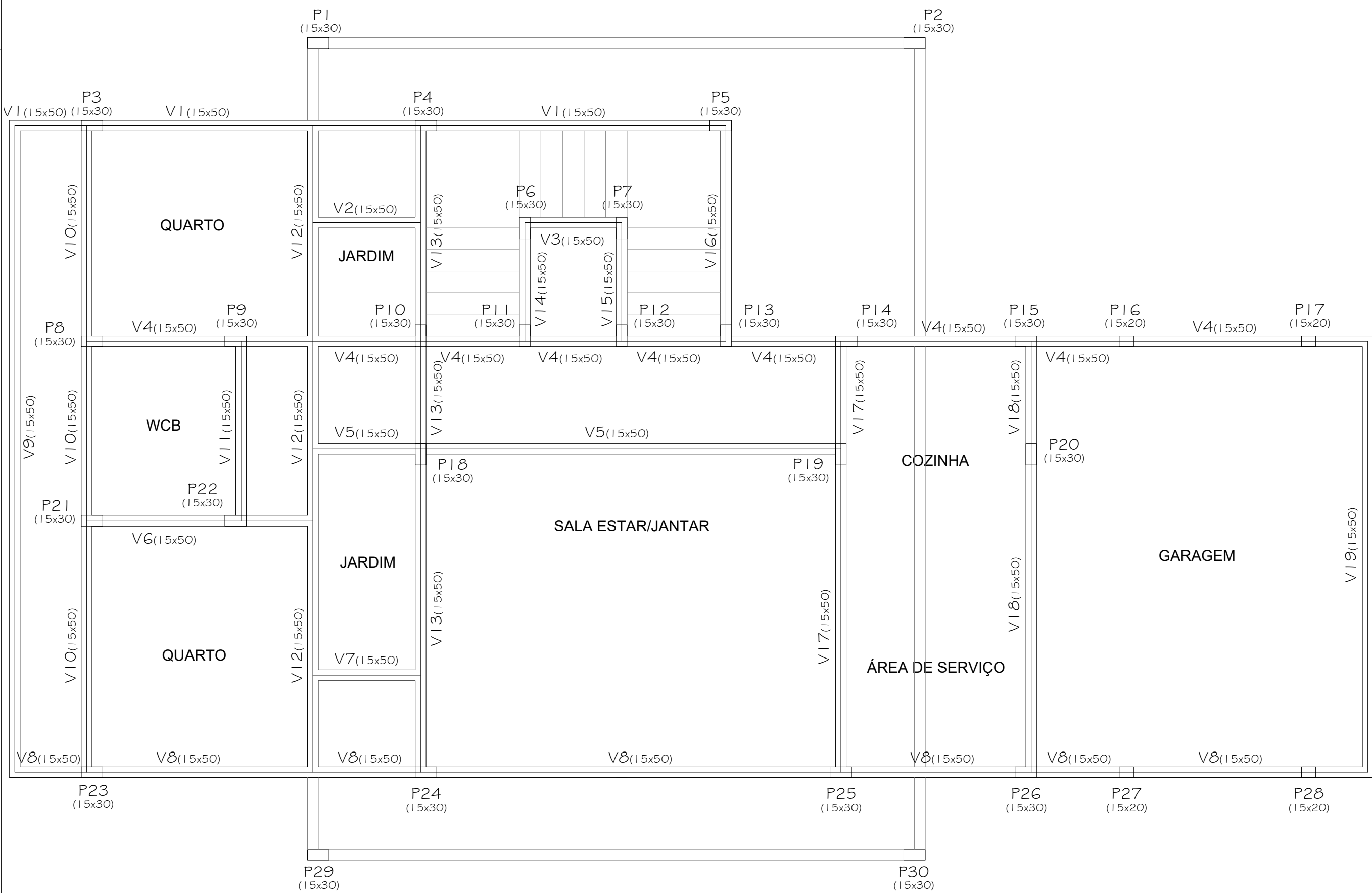


2 PLANTA DE FORMA BALDRAME
ESCALA 1/50

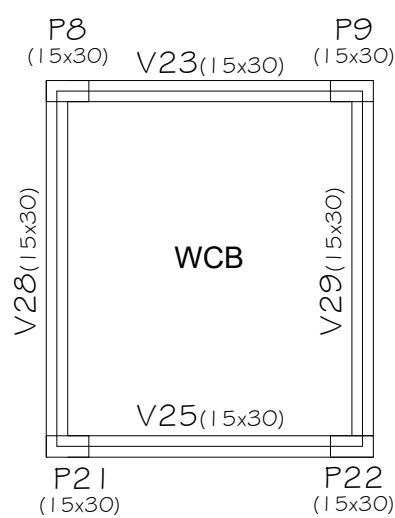
Vigas									Pilares					
Nome	Seção (cm)	Nível (cm)	Nome	Seção (cm)	Nível (cm)	Nome	Seção (cm)	Nível (cm)	Nome	Seção (cm)	Nome	Seção (cm)		
B1	15x30	0	B23	15x30	0	V21	15x30	575	P1	15x30	P23	15x30		
B2	15x30	0	B24	15x30	0	V22	15x30	575	P2	15x30	P24	15x30		
B3	15x30	0	V1	15x50	310	V23	15x30	740	P3	15x30	P25	15x30		
B4	15x30	0	V2	15x50	310	V24	15x30	575	P4	15x30	P26	15x30		
B5	15x30	0	V3	15x50	310	V25	15x30	740	P5	15x30	P27	15x20		
B6	15x30	0	V4	15x50	310	V26	15x30	575	P6	15x30	P28	15x20		
B7	15x30	0	V5	15x50	310	V27	15x30	-	P7	15x30	P29	15x30		
B8	15x30	0	V6	15x50	310	V28	15x30	740	P8	15x30	P30	15x30		
B9	15x30	0	V7	15x50	310	V29	15x30	740	P9	15x30	-	-		
B10	15x30	0	V8	15x50	310	V30	15x30	-	P10	15x30	-	-		
B11	15x30	0	V9	15x50	310	V31	15x30	575	P11	15x30	-	-		
B12	15x30	0	V10	15x50	310	V32	15x30	575	P12	15x30	-	-		
B13	15x30	0	V11	15x50	310	V33	15x30	575	P13	15x30	-	-		
B14	15x30	0	V12	15x50	310	V34	15x30	575	P14	15x30	-	-		
B15	15x30	0	V13	15x50	310	V35	15x30	575	P15	15x30	-	-		
B16	15x30	0	V14	15x50	310	V36	15x30	-	P16	15x20	-	-		
B17	15x30	0	V15	15x50	310	V37	15x35	575	P17	15x20	-	-		
B18	15x30	0	V16	15x50	310	V38	15x35	575	P18	15x30	-	-		
B19	15x30	0	V17	15x50	310	V39	15x35	575	P19	15x30	-	-		
B20	15x30	0	V18	15x50	310	V40	15x35	575	P20	15x30	-	-		
B21	15x30	0	V19	15x50	310	-	-	-	P21	15x30	-	-		
B22	15x30	0	V20	15x30	-	-	-	-	P22	15x30	-	-		



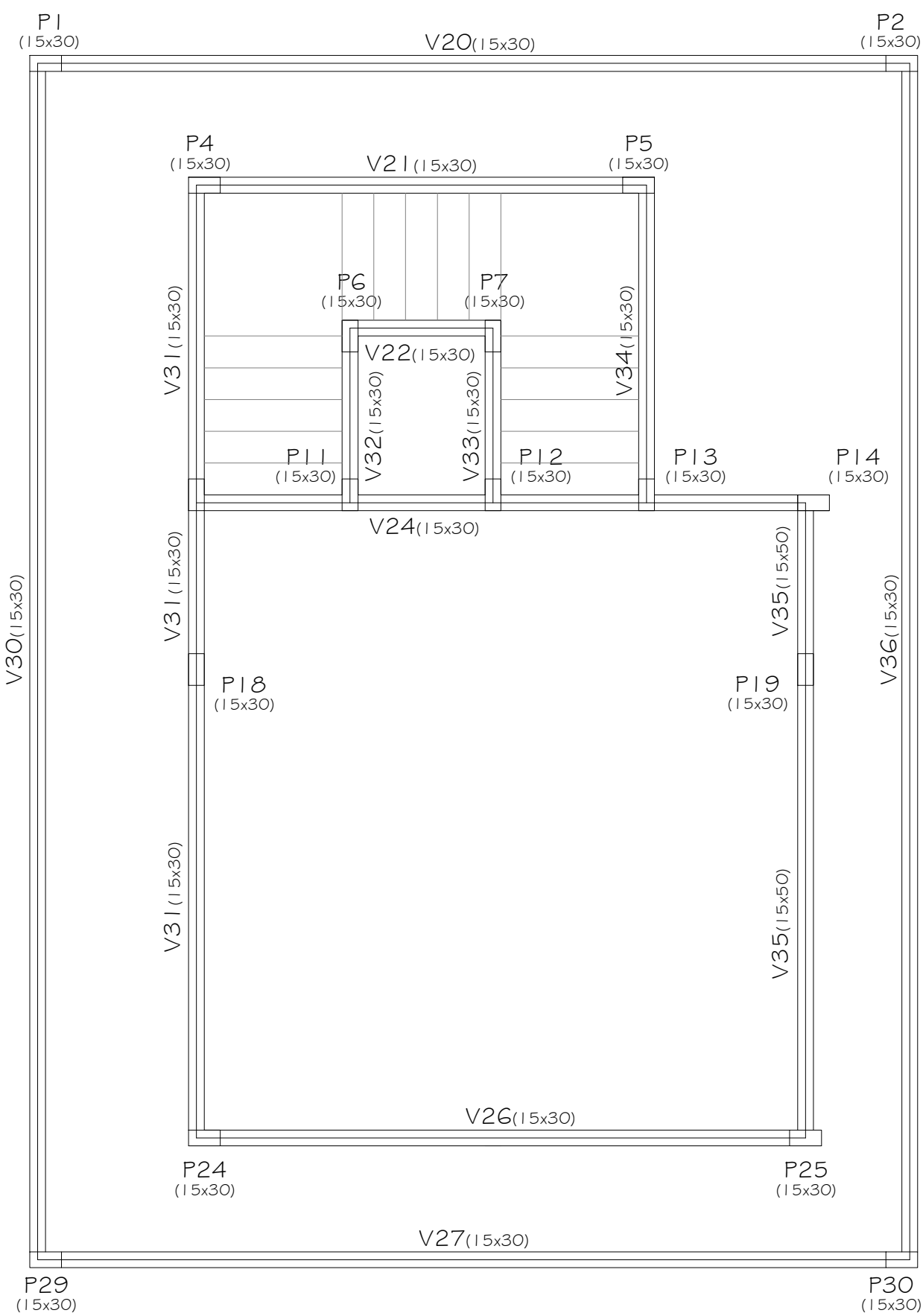
5 PLANTA CAIXA D'ÁGUA
ESCALA 1/50



3 PLANTA FORMA TÉRREO
ESCALA 1/50



4 PLANTA FORMA COBERTA
ESCALA 1/50

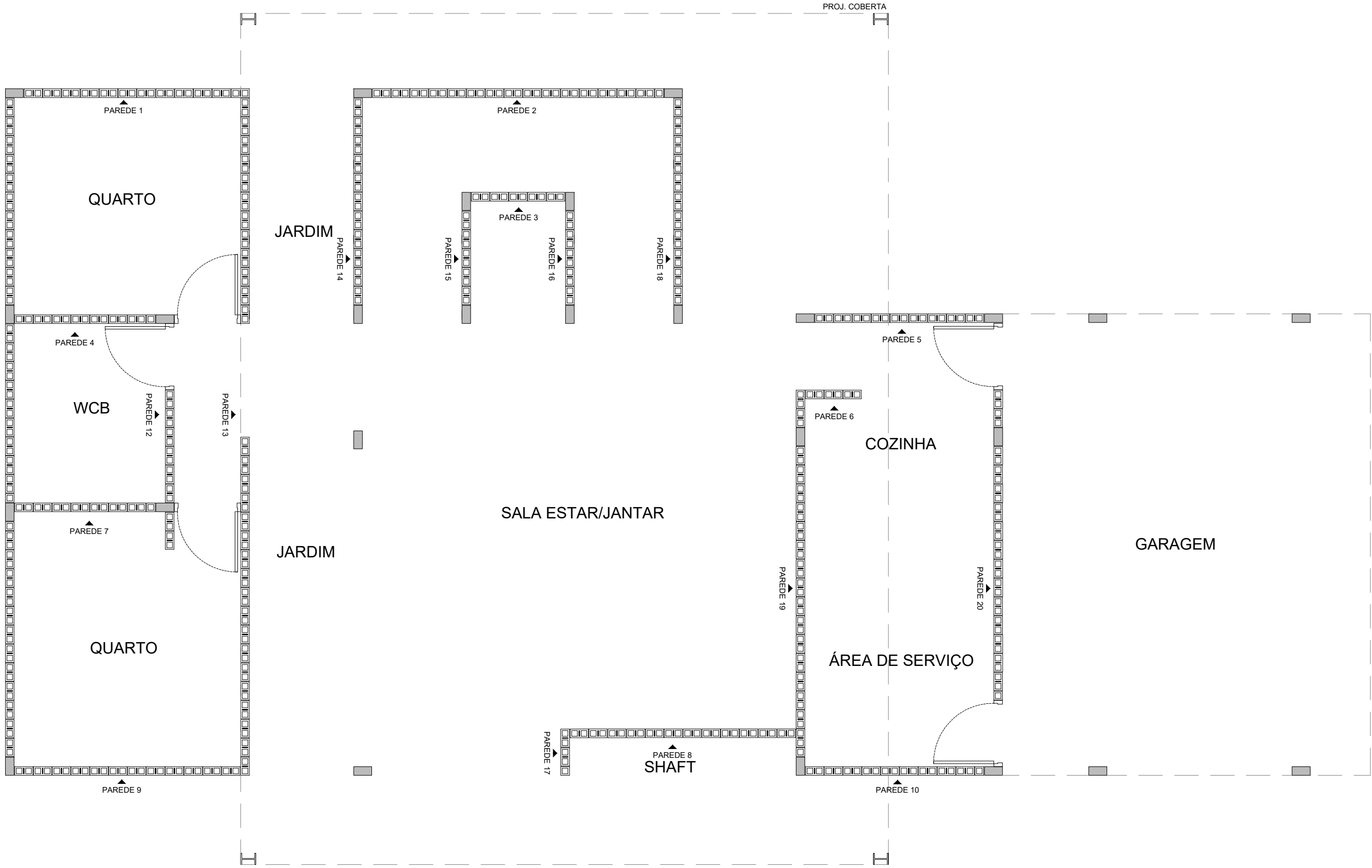


PROPRIETÁRIO: :	CEAR
ENDEREÇO:	CAMPUS-UNIVERSITÁRIO
MUNICÍPIO - UF:	JOÃO-PESSOA/PB

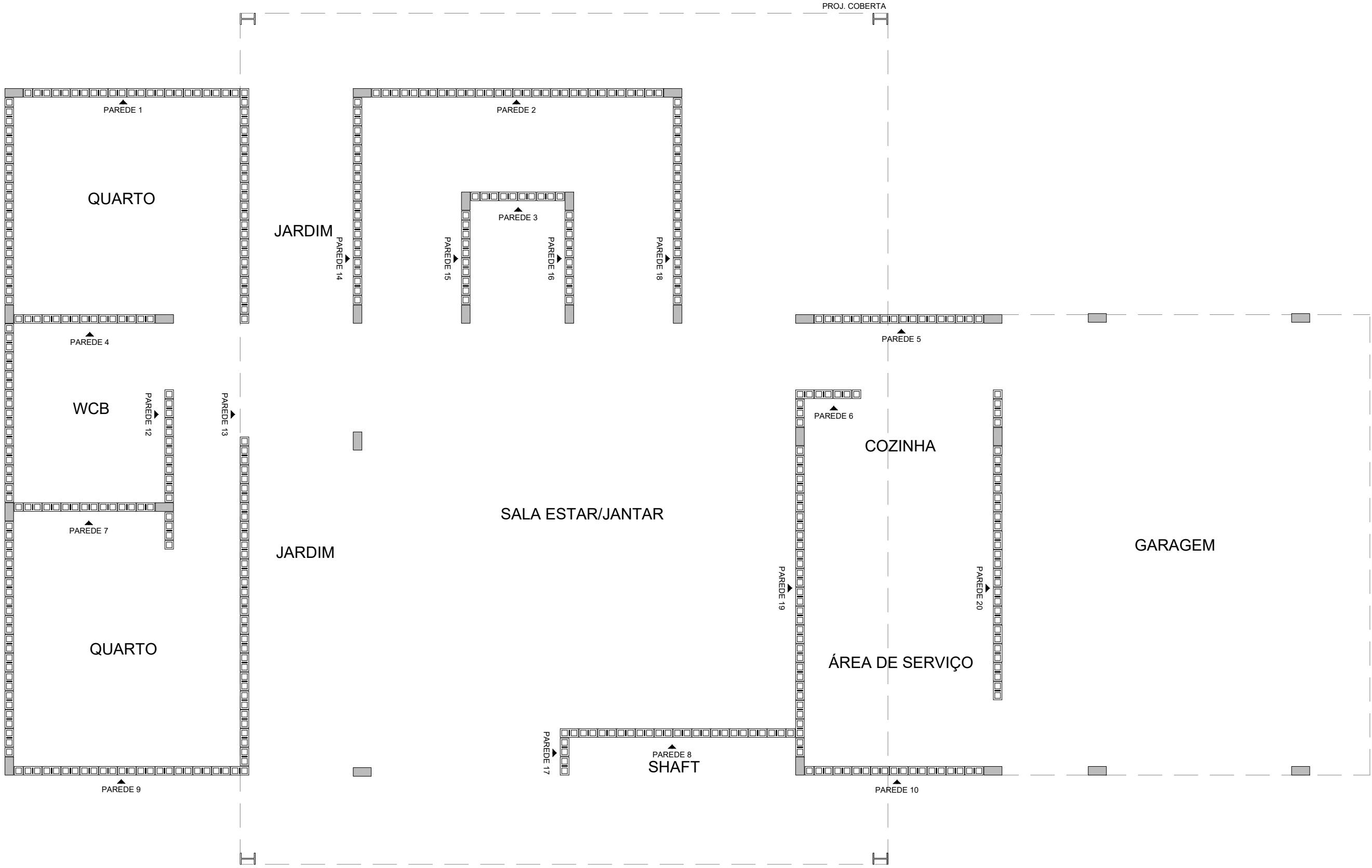
PROPRIETÁRIO: CENTRO DE ENRGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS	
RESP. TÉCNICO	CREA
PROJETO:	CREA

PROGRAMA CASA ECOEFICIENTE - CEAR			
PROJETO ESTRUTURAL (2/3)			
COORDENAÇÃO			
FORMATO	REVISÃO	ESCALA	PRANCHA
	R-01	ESCALA	
	R-02	DATA EMISSÃO	
DESENHO	R-03	DATA	

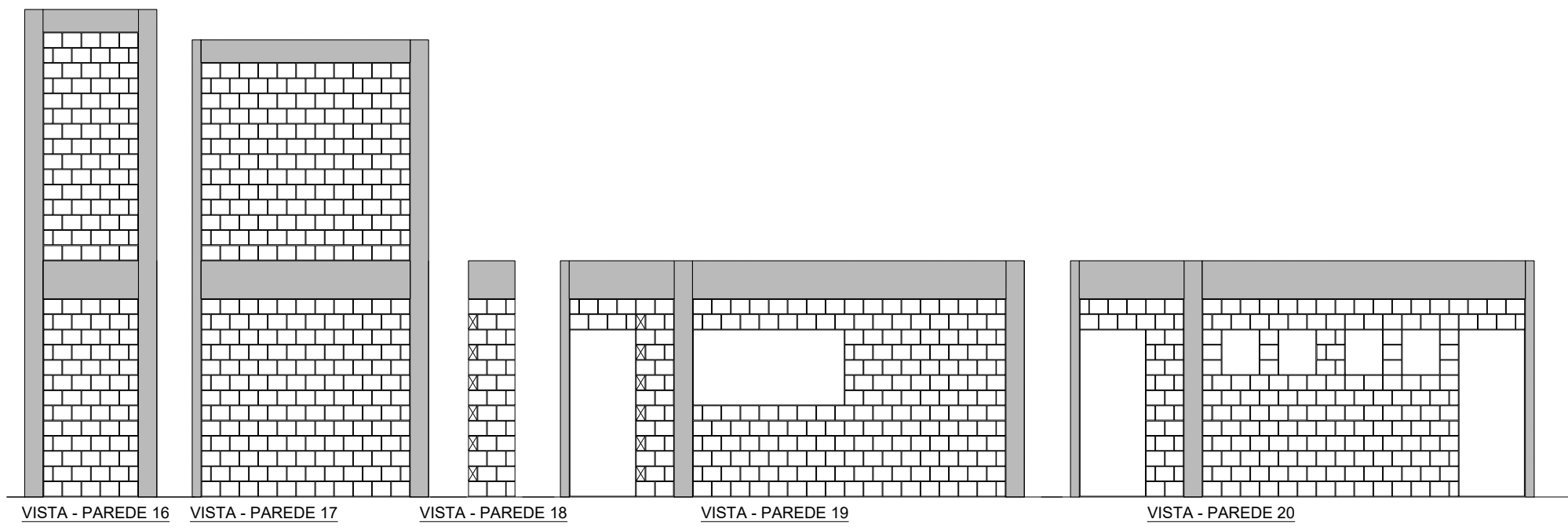
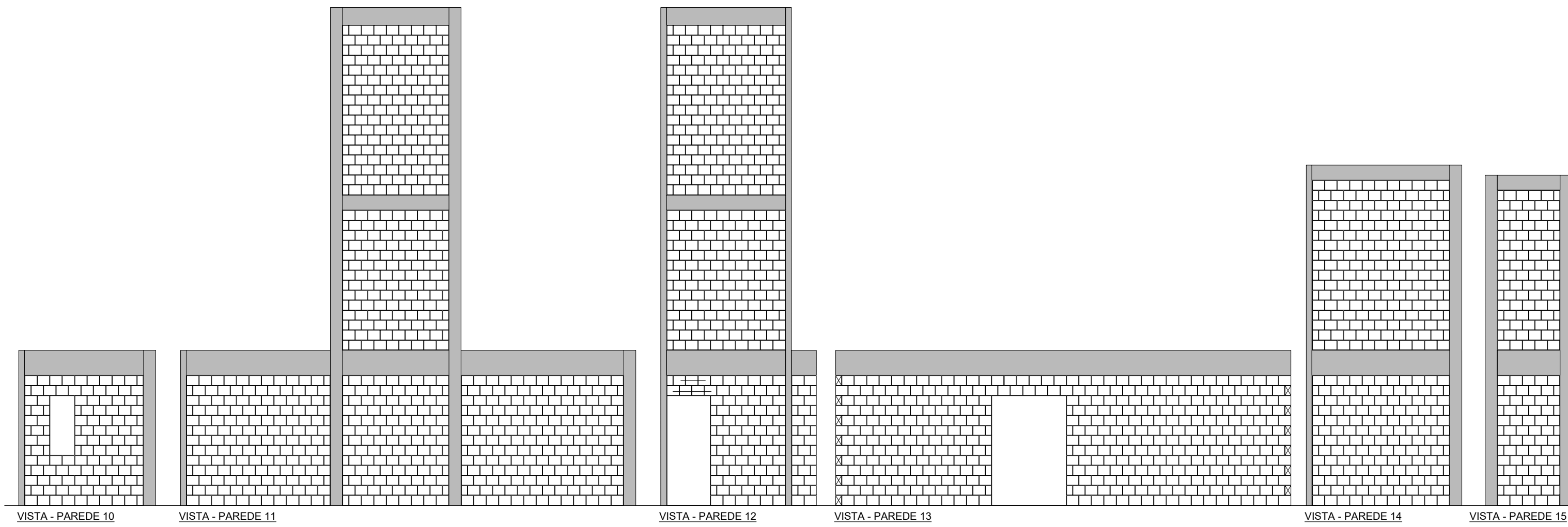
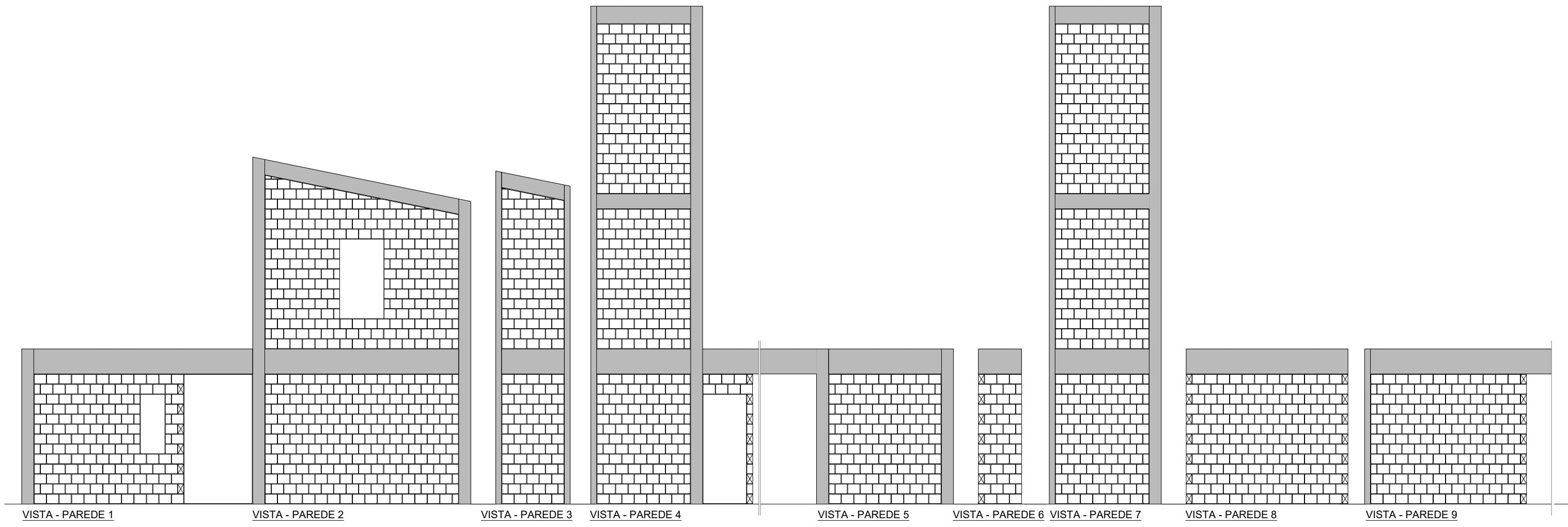
**ANEXO IV – PROJETO DE ALVENARIA DA CASA ECOEFICIENTE
NA UFPB**



1 PLANTA DA PRIMEIRA FIADA
ESCALA 1/50



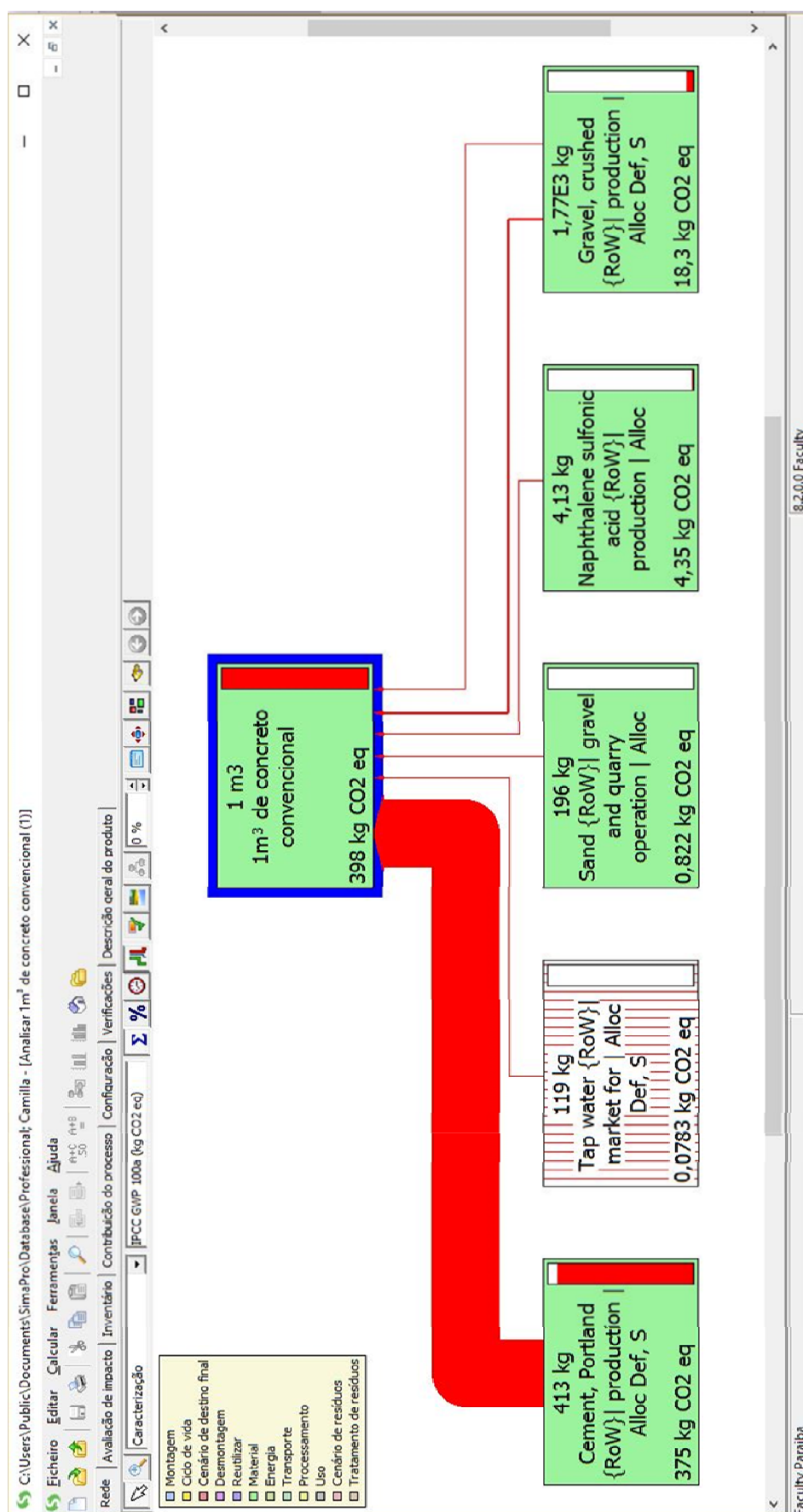
2 PLANTA DA SEGUNDA FIADA
ESCALA 1/50



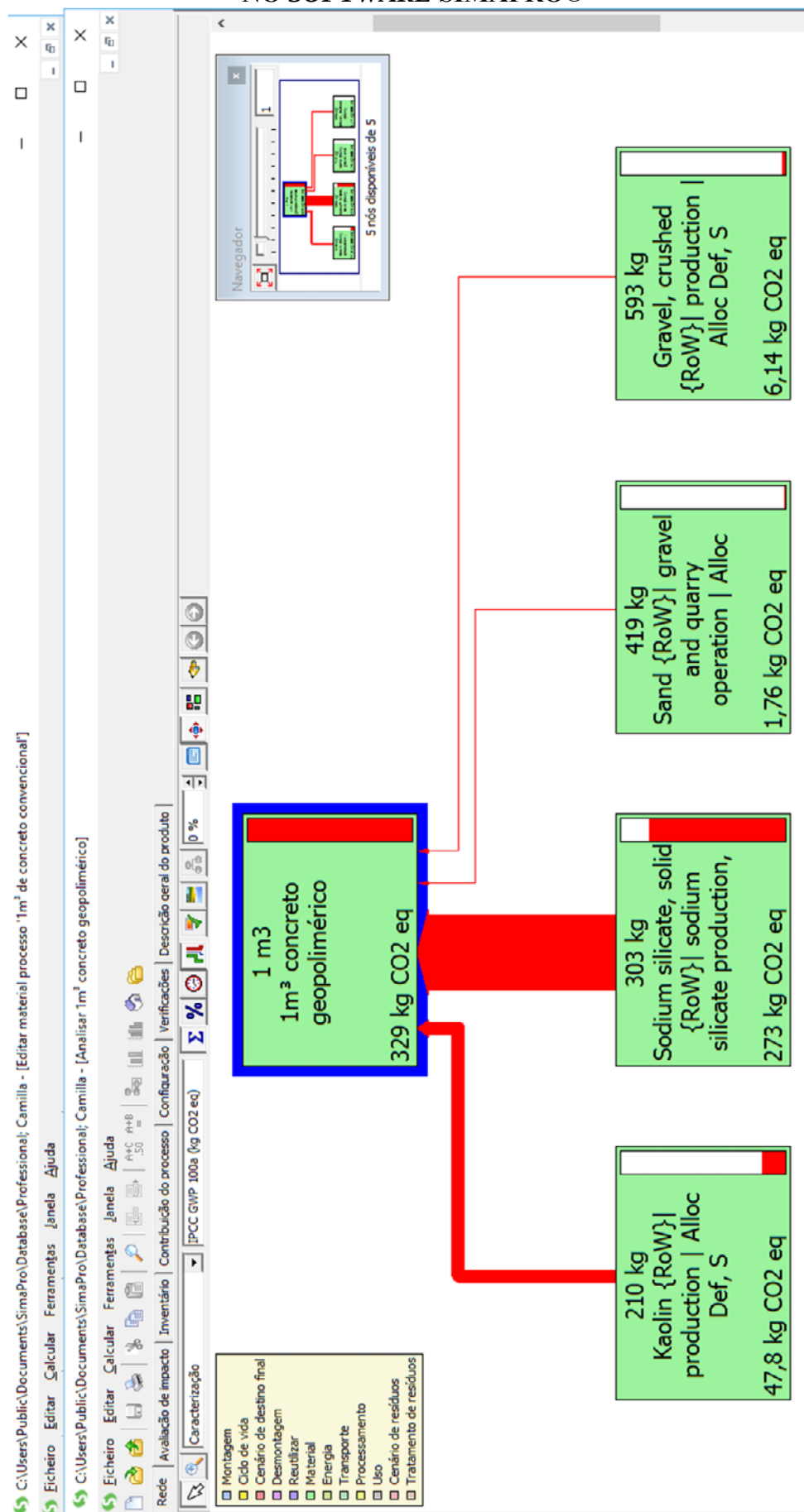
3 ELEVAÇÕES DAS PAREDES
ESCALA 1/75

PROPRIETÁRIO: :		CEAR	
ENDEREÇO:		CAMPUS-UNIVERSITÁRIO	
MUNICÍPIO – UF:		JOÃO-PESSOA/PB	
PROPRIETÁRIO: CENTRO DE ENRGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS			
RESP. TÉCNICO		CREA	
PROJETO: CAMILLA FURTADO DE FIGUEIREDO		CAU A111392-5	
PROGRAMA CASA ECOEFICIENTE - CEAR			
PROJETO DE ALVENARIA			
COORDENAÇÃO			
FORMATO	REVISÃO R-01	ESCALA INDICADAS DATA EMISSÃO 11/07/2017	PRANCHA
	INDICADOS		01/01

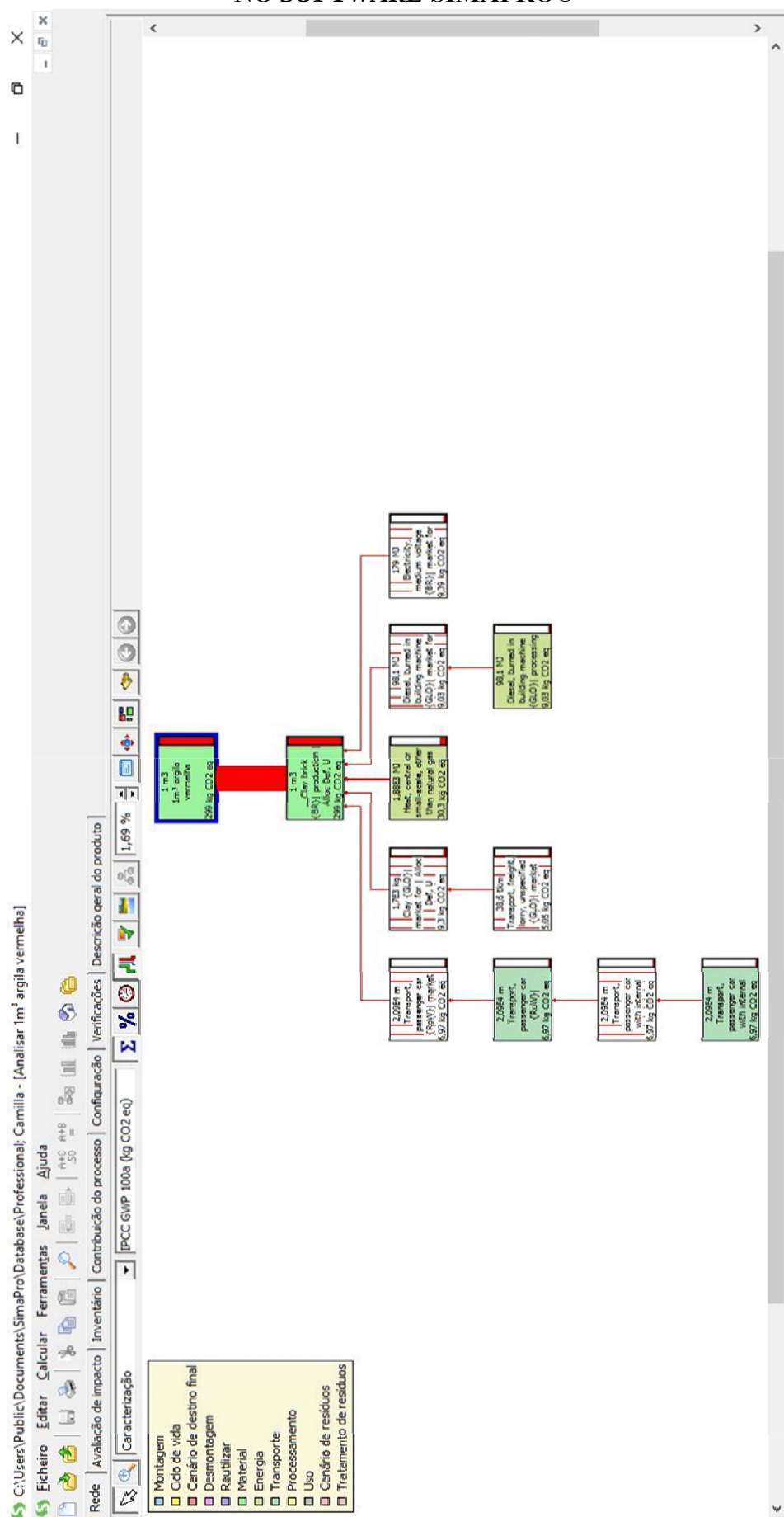
ANEXO V – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DO CONCRETO TRADICIONAL NO SOFTWARE SIMAPRO®



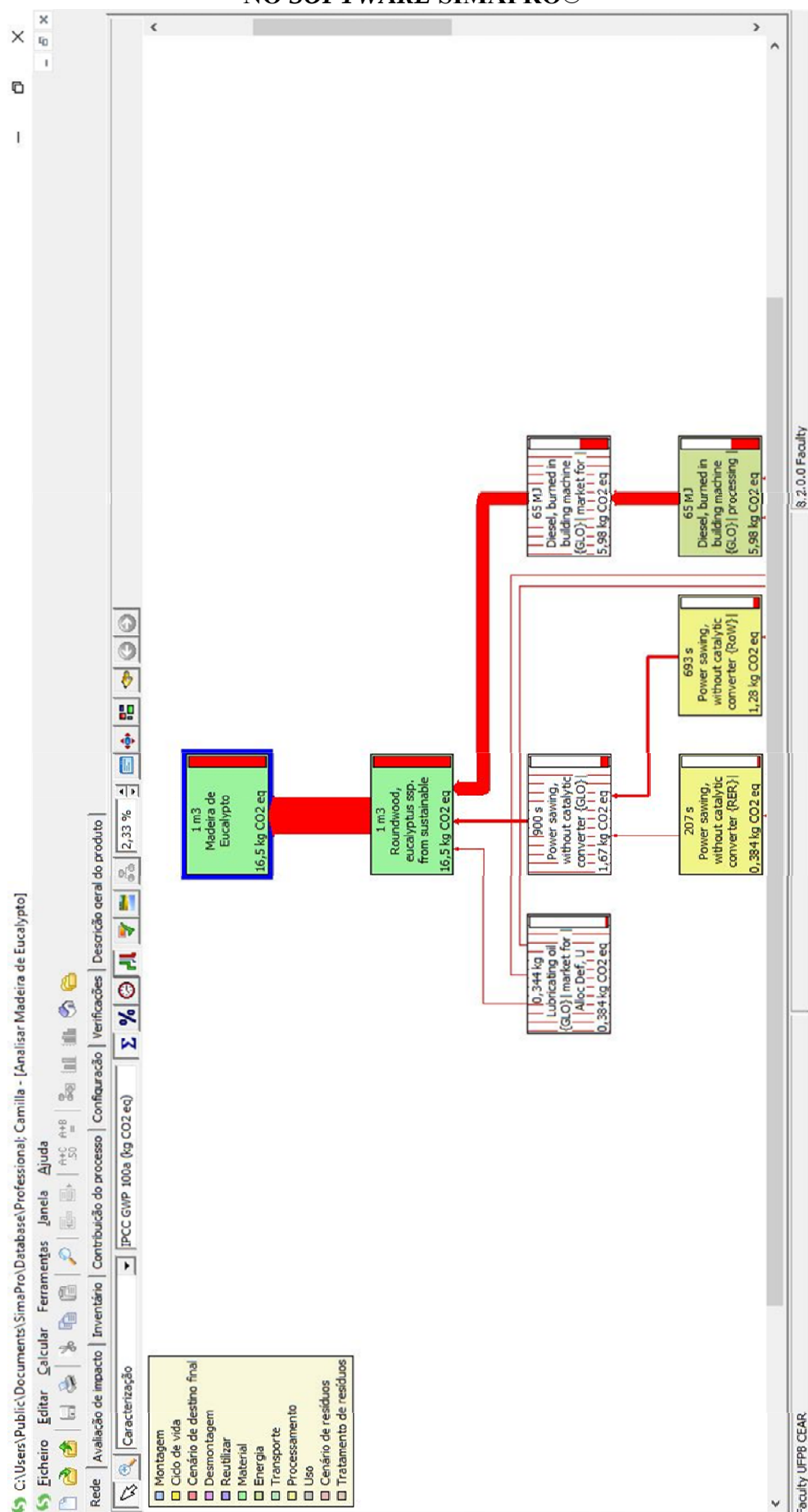
ANEXO VI – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DO CONCRETO DE MAA NO SOFTWARE SIMAPRO®



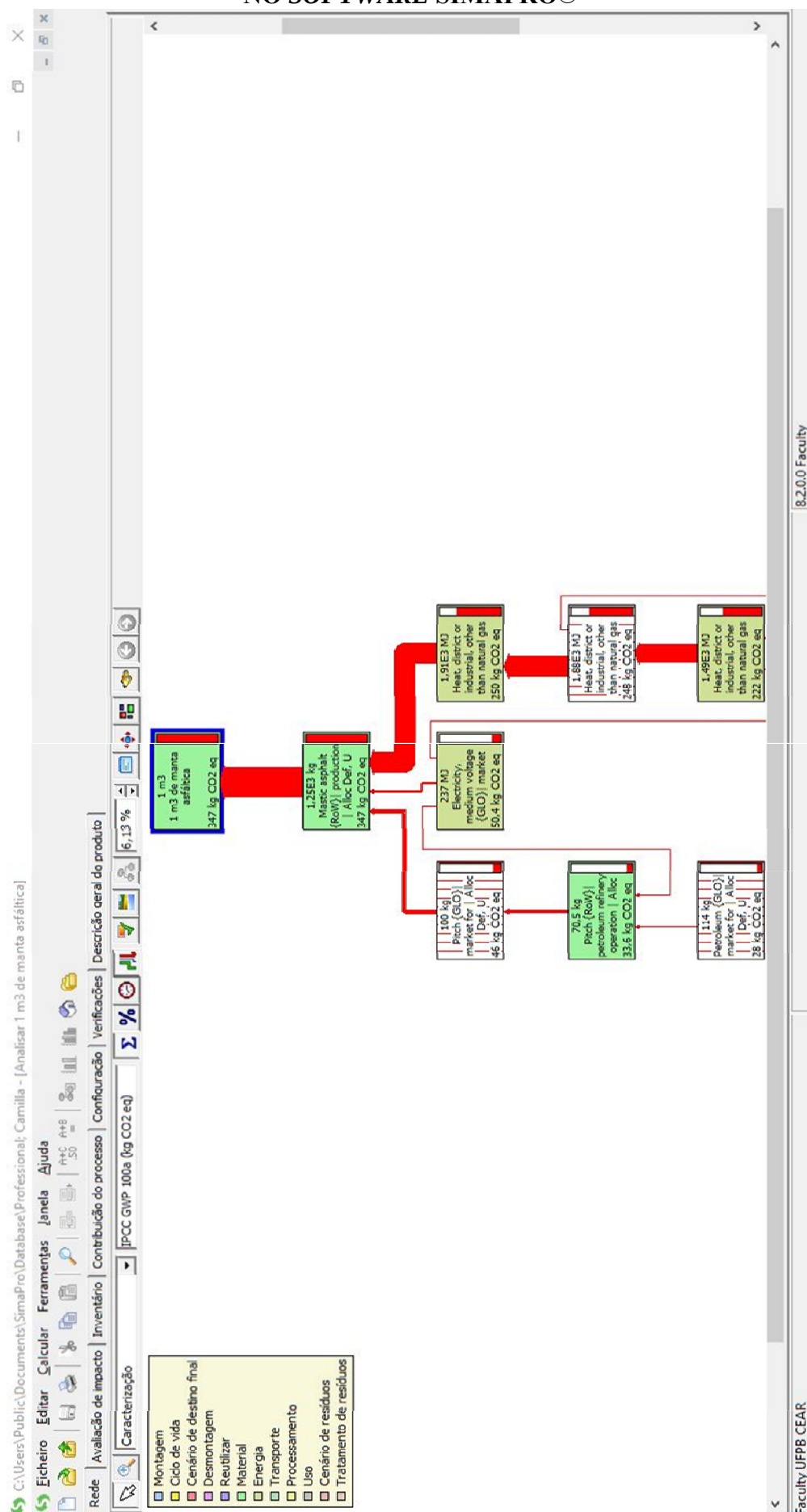
ANEXO VII – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DE ARGILA VERMELHA NO SOFTWARE SIMAPRO®



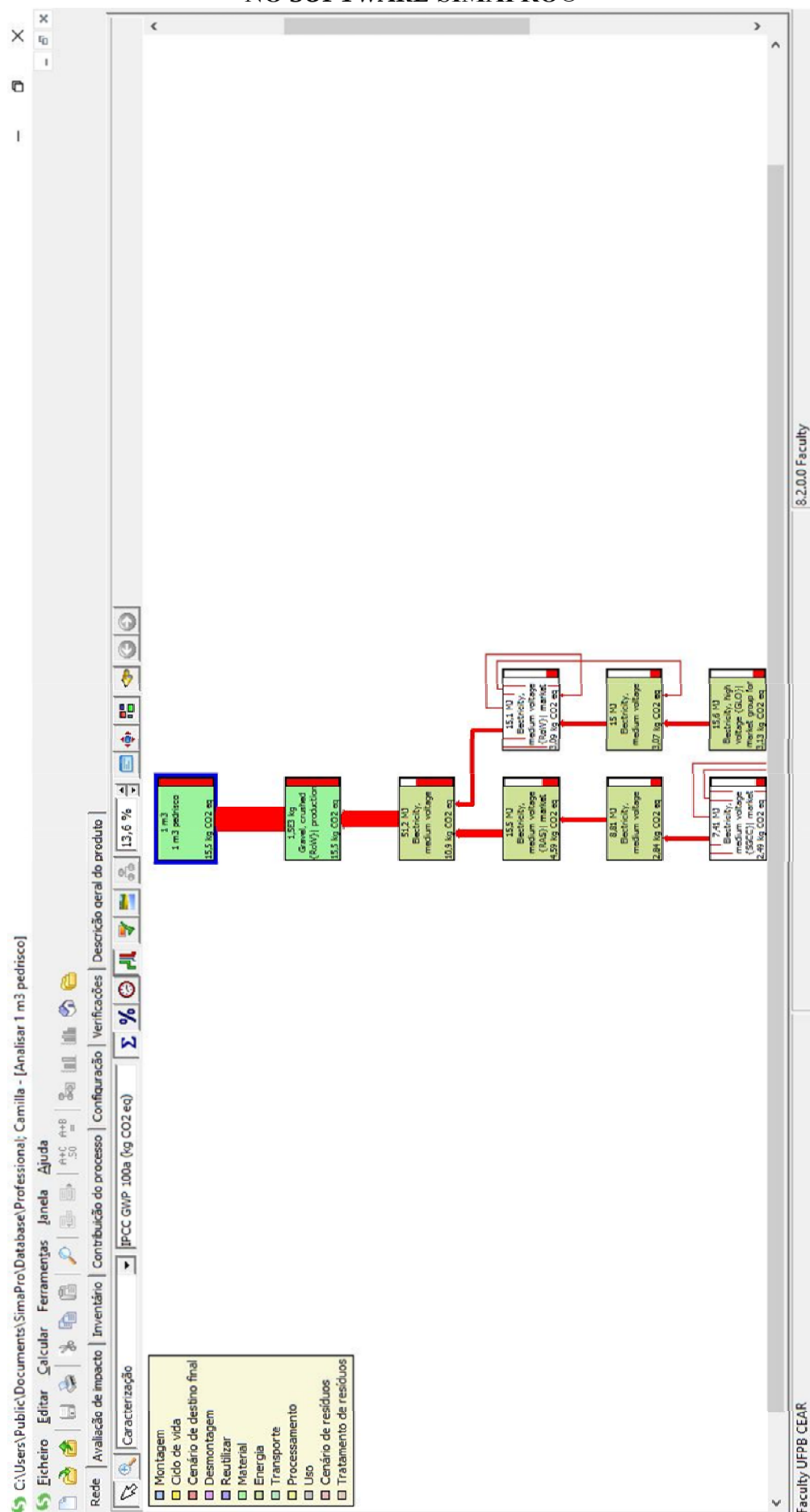
ANEXO VIII – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DE MADEIRA EUCALYPTO NO SOFTWARE SIMAPRO®



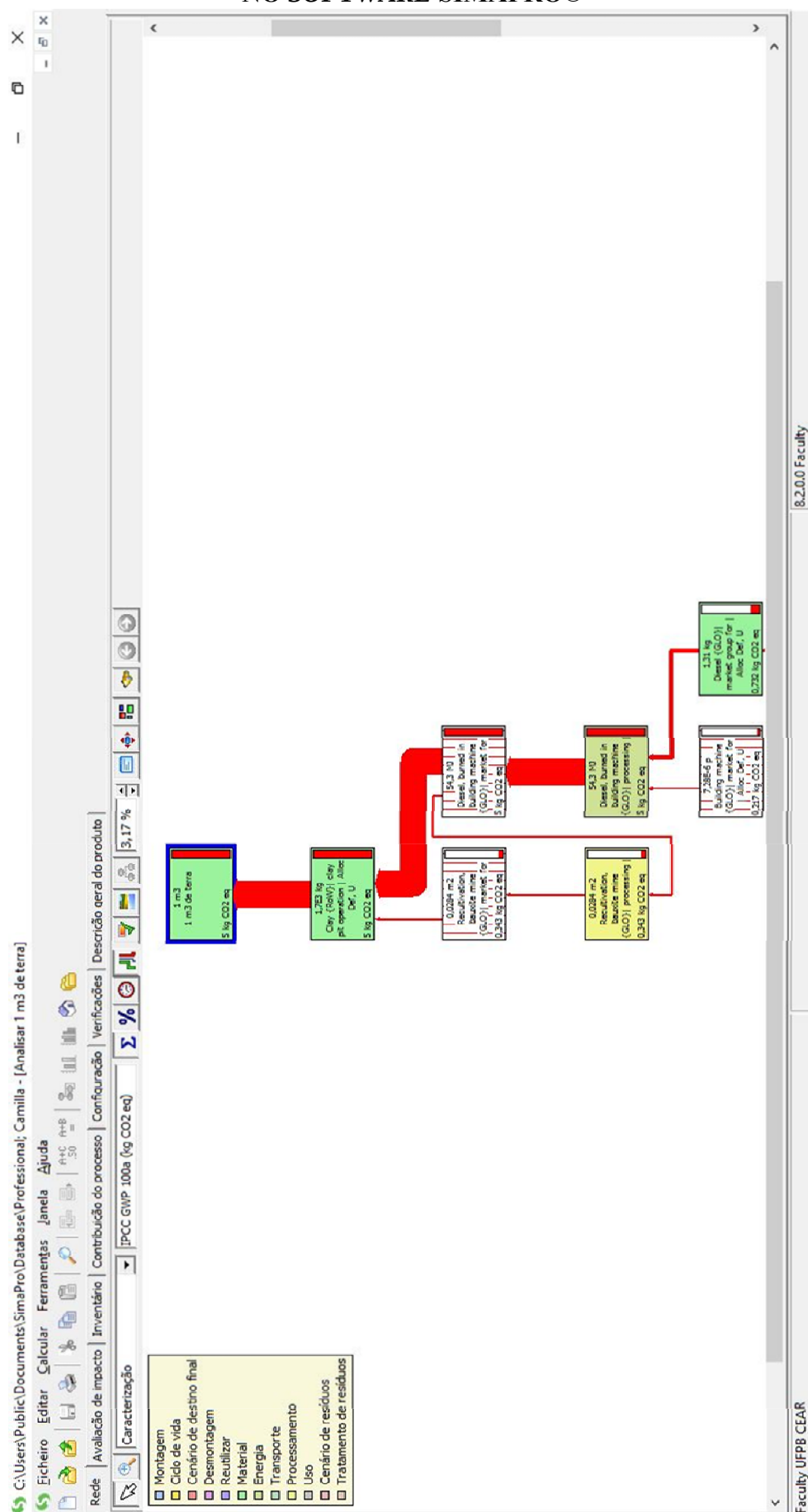
ANEXO IX – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DA MANTA ASFÁLTICA NO SOFTWARE SIMAPRO®



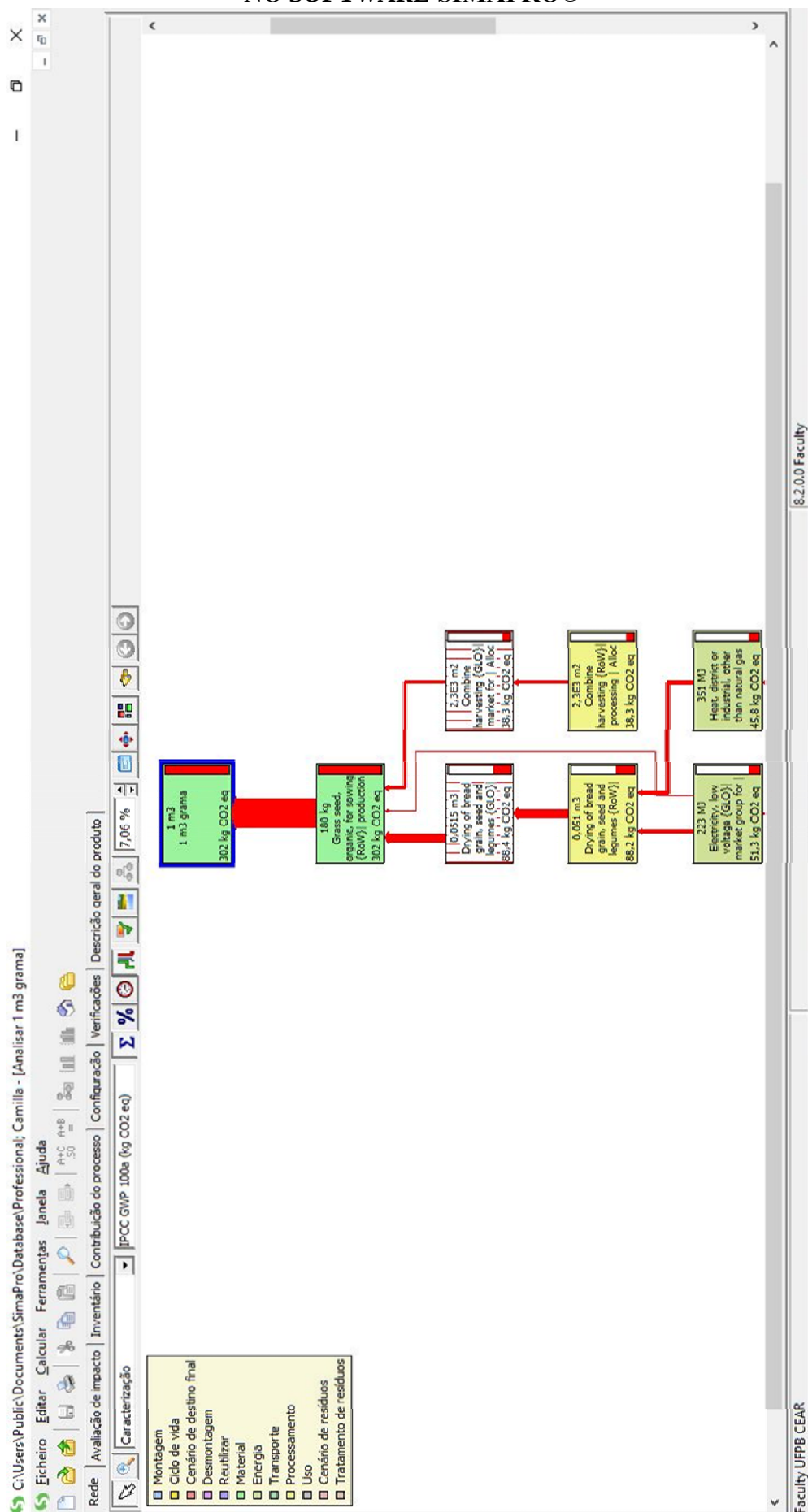
ANEXO X – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DE PEDRA NO SOFTWARE SIMAPRO®



ANEXO XI – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DE TERRA NO SOFTWARE SIMAPRO®



ANEXO XII – CADEIA DE EMISSÕES DE CO₂ DE GRAMA NO SOFTWARE SIMAPRO®



ANEXO XIII – ARTIGO: II CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Materiais de construção sustentáveis são aqueles que, ao longo de seu ciclo de vida, causam o menor impacto ambiental possível, desde a extração dos recursos naturais até a disposição final dos resíduos. Este conceito envolve a utilização de materiais com baixa emissão de CO₂, a adoção de processos de fabricação menos poluentes e a utilização de materiais reciclados.

Camilla Furtado de Figueiredo^{1, a}, Kelly Cristiane Gomes^{1,2, b}, Monica Carvalho^{1,2, c}

¹Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, CEAR – UFPB, Brasil

²Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, CEAR – UFPB, Brasil

^acamilla.furtado@cear.ufpb.br, ^bgomes@cear.ufpb.br, ^cmonica@cear.ufpb.br

Resumo: Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa realizada com o objetivo de avaliar o impacto ambiental da produção de concreto geopolimérico (MAA) em comparação com o concreto tradicional produzido com cimento Portland. Os resultados obtidos mostraram que o concreto a base de MAA reduz, significativamente, as emissões de CO₂ em comparação ao concreto tradicional de cimento Portland, em termos aproximados de 19%. Desta forma, o concreto geopolimérico se mostra uma alternativa a ser considerada, na produção de materiais de construção de menor impacto ambiental.

Resumo: Sustentabilidade é um conceito primordial de aplicação para a sociedade mundial. Em virtude de sua necessidade, as edificações vêm sendo idealizadas visando à inovação tecnológica e melhoria ambiental com a redução dos níveis de emissão de CO₂ e geração de gases de efeito estufa. Desta forma, a busca por soluções de construção mais sustentáveis é uma busca crescente. Como a metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) é um método que inclui a compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos de um produto ao longo do seu ciclo de vida, sua utilização vem sendo amplificada progressivamente na busca da escolha de materiais mais sustentáveis a serem aplicados nas construções. Desta forma, este trabalho tem como objetivo a utilização da ACV com aplicação do Software SimaPro® para avaliar os impactos ambientais, a nível da emissão de kg CO₂-eq por m³ de concreto, causados pela utilização de estruturas de uma edificação confeccionadas a base de Materiais Alcalinamente Ativados (MAA) e compará-las com estruturas similares a base de Concreto Tradicional produzidos com Cimento Portland. Os resultados obtidos mostraram que o concreto a base de MAA reduz, significativamente, as emissões de CO₂ em comparação ao concreto tradicional de cimento Portland, em termos aproximados de 19%. Desta forma, o concreto geopolimérico se mostra uma alternativa a ser considerada, na produção de materiais de construção de menor impacto ambiental.

1. Introdução

No decorrer das últimas décadas, a ótica acerca da gestão ambiental vem se transformando, no Brasil e no mundo, com a busca de novas soluções e manifestação de novos instrumentos mais eficazes no combate aos impactos ambientais negativos gerados pelo consumo exagerado decorrente do desenvolvimento. O consumo aumenta a geração de resíduos e a produção de Gases de Efeito Estufa (GEE), a exemplo do CO₂, poluindo o meio ambiente e causando o aquecimento global. A energia elétrica, tornou-se essencial na vida do homem moderno que, à medida que se torna mais próspero, deseja e consome grandes quantidades de energia, embora necessite de quantidades mínimas para satisfação de suas necessidades

básicas. Em contrapartida, o projeto arquitetônico, orientado pela Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), pode colaborar fortemente para a redução de consumo e, conseqüentemente, para a sustentabilidade.

Segundo Edwards [1], a indústria da construção civil consome 50% dos recursos mundiais, convertendo-se em uma das atividades menos sustentáveis do planeta. Dentre os produtos obtidos com a exploração destes recursos naturais está o cimento que é muito utilizado na confecção de argamassas e concretos com vários tipos de funções, dentre elas estruturais, de altas resistências e durabilidade [2]. Este material é responsável por, aproximadamente, 5% das emissões de CO₂ de origem antrópica no mundo [3].

Contudo, nosso planeta não é capaz de continuar suprimindo a atual demanda de recursos, sendo necessário que algo deva ser mudado nesse aspecto. Desta forma, a responsabilidade é tanto de engenheiros quanto de arquitetos nesse processo. Para isso, é necessário preocupar-se com a sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, desde a sua concepção e escolha de materiais, passando pelas etapas de projeto, construção, manutenção, até sua demolição ou desmonte.

Portanto, torna-se necessário realizar o estudo da redução dos impactos negativos da etapa da construção de edificações, na medida em que a indústria da construção civil, além de grande consumidora dos recursos naturais, é fonte de diversos impactos negativos causados ao meio ambiente [4]. Pois, somente por meio do uso de tecnologias mais inteligentes, de um maior respeito aos recursos naturais e da substituição da exploração de recursos não renováveis por práticas renováveis e autossuficientes, poderemos reduzir a pressão sobre o meio ambiente [1].

Portanto, a busca pela sustentabilidade nas construções desperta a necessidade de desenvolver ações eficientes no que diz respeito à redução do impacto na natureza, a economia do consumo energético e o uso racional da água, justifica a necessidade de investimentos em pesquisas nesse setor [5,6]. Uma alternativa é nortear o projeto arquitetônico pela avaliação do ciclo de vida (ACV), como forma de contribuir para a sustentabilidade [7,8].

Na estrutura da ACV são compreendidas as etapas de definição de objetivo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados [9-12]. Dentre os softwares existentes que trabalham com a ACV, pode-se destacar o SimaPro, software de origem holandesa, que funciona de acordo com as Normas ISO internacionais 14040 [11] e 14044 [12]. No Brasil, a ACV é regida pelas normas ABNT NBR 14040 [9] e 14044 [10].

O SimaPro é um software computacional que possibilita a análise e monitoramento de produtos com base na perspectiva ambiental e permite calcular o impacto oriundo de um determinado serviço ou produto, sendo possível, ainda, comparar diversos tipos de análise [13].

Neste trabalho foi considerado 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, bem como foi considerado as mesmas etapas para os dois produtos (extração de matérias-primas, transporte e aplicação do concreto), sendo assim, dispensáveis para a comparação.

Desta forma, essa pesquisa tem por objetivo avaliar o impacto ambiental gerado pela execução de dois tipos de concreto estrutural utilizados na construção civil: o tradicional, à base de cimento Portland e o concreto geopolimérico a base de metacaulinita e uma solução alcalina de silicato e hidróxido de sódio [14,15]. Através do quantitativo de concreto utilizado numa edificação térrea de 165 m², com o auxílio da ACV será possível calcular as emissões de kg CO₂ equivalente, a fim de determinar o potencial sustentável desses dois materiais distintos utilizados nas peças estruturais dessa edificação.

Para tal avaliação foram utilizadas ferramentas de Avaliação do Ciclo de Vida apoiadas pelo Software SimaPro® 8.0.5.13 [13]. Integrado ao SimaPro, a base de dados do Ecoinvent [16] 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.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção de todo produto, independentemente de sua composição, provoca impactos no meio ambiente, seja causado pela sua matéria-prima, seja pelo seu processo produtivo. A ACV, é utilizada para avaliar o desempenho ambiental dos materiais ao longo de toda sua vida útil, incluindo etapas desde as retiradas das matérias-primas da natureza até a disposição final [9-12,14]. Para uma edificação, a ACV se concentra nos complexos impactos provocados por sua construção, seu uso e sua posterior degradação. Esse método é importante pois ajuda a identificar possíveis reduções de custos e impacto ambiental [14].

A crescente conscientização da população tem gerado uma sociedade mais analítica, que tem exigido desempenhos ambientais melhores nas suas edificações, sem custos adicionais. A ACV reforça a importância da análise dos custos da edificação ao longo da sua vida útil, sendo uma ferramenta de apoio para tomada de decisões, mas que não resolve problemas ambientais, apenas avalia os impactos causados por ele, podendo comparar o desempenho ambiental de produtos com a mesma função.

Segundo Edwards [1], o custo das edificações costuma ser avaliado em função do capital investido inicialmente, desconsiderando os custos ao longo de sua vida útil de cinquenta anos ou mais, assim como custos que incidem sobre outros, como poluição, resíduos e danos ecológicos. Como ferramenta de avaliação, a ACV contribui em três importantes aspectos:

- Introduz o fator tempo na equação, facilitando a rápida compreensão dos impactos ambientais e dos ciclos de reciclagem ao longo da vida útil;
- Permite analisar os impactos energéticos, ecológicos e ambientais no contexto dos benefícios sociais e econômicos;
- Constitui uma ferramenta holística, atuando como ponte entre o projeto, a fabricação, a construção e a manutenção da edificação.

A ACV se destaca de outros sistemas de auditoria ambiental por avaliar os impactos dos materiais fora do local de implantação, além de considerar diferentes alternativas possíveis para as edificações no final de sua vida útil, sugerindo que o arquiteto ou engenheiro também as considere no início da fase de projeto. Nesta pesquisa, a avaliação foi realizada utilizando o Software SimaPro® 8.0.5.13 [13], pois é uma ferramenta flexível que possibilita a análise e o monitoramento ambiental de produtos, serviços e processos dentro da perspectiva da ACV do tipo cradle-to-gate, integrados a base de dados do Ecoinvent [16] e utilizando o método IPCC 2013 GWP 100a [17,18].

1.2 O cimento Portland e o cimento geopolimérico

O cimento Portland é o material de construção de maior utilização no mundo. Em 2010 foram produzidos no mundo cerca de 3,3 bilhões de toneladas de cimento. Utilizado na composição de concretos e argamassas, e confere a estes, boa moldabilidade no estado fresco. No estado endurecido, o cimento Portland geralmente é responsável pelo desenvolvimento de resistência mecânica elevada e boa durabilidade de argamassas e concretos [2].

O grande consumo de cimento Portland tem gerado preocupações relacionadas a seu processo produtivo, dado que uma das etapas mais importantes, a clinquerização, requer a queima de matérias-primas (calcário e argilas) a uma temperatura de aproximadamente 1500°C, com alta liberação de CO₂ [2]. Pouco mais da metade das emissões de CO₂ na indústria do cimento ocorre durante a transformação físico-química que dá origem ao clínquer, enquanto a outra metade é resultante predominantemente da queima de combustíveis no forno de clinquerização [19].

Segundo Dias e Thaumaturgo [20], um tipo de cimento relativamente novo, conhecido por geopolímero ou material alcalinamente ativado (MAA), vem sendo utilizado no Instituto Militar de Engenharia como aglomerante (substituindo total ou parcialmente o cimento Portland) na produção de concretos, argamassas e compósitos reforçados. Este cimento é um polímero inorgânico obtido a partir da reação de aluminossilicatos amorfos e polissilicatos aquosos em um meio de elevada alcalinidade [21-23]. Seu processo de obtenção é semelhante ao empregado na síntese de zeólitas cristalinas [22].

Os MAA's são materiais cimentícios com propriedades termomecânicas eficientes, alta resistência inicial, resistência ao ataque de agentes agressivos, entre inúmeras outras propriedades, o que permite seu uso tanto em estruturas como em compósitos, além de representar uma solução tecnológica eficaz para a imobilização de resíduos, especialmente daqueles oriundos de atividades industriais ou de mineração, contribuindo para a redução de emissões poluentes [22,23].

Inúmeras pesquisas envolvendo a utilização do cimento geopolimérico na construção civil estão sendo desenvolvidas em países ao redor do mundo. No Brasil, os primeiros estudos nesses materiais foram realizados no Instituto Militar de Engenharia (IME), onde foram estudadas propriedades tais como: microestrutura, aderência ao aço no concreto armado, quando aplicados em pisos industriais, pavimentação, entre outras aplicações no que diz respeito à durabilidade e agentes químicos agressivos [20, 24].

Também chamados de polímeros inorgânicos, esses materiais possuem vantagens ecológicas e físico-químicas quando comparados ao cimento Portland [22]. As vantagens ecológicas se tornaram evidentes com a possibilidade de ser produzidos à temperatura ambiente (ou até 80 °C) sem aparente liberação de CO₂ na atmosfera [23]. As características físico-químicas garantem propriedades especiais, tais como rápido desenvolvimento de resistência mecânica e excelente durabilidade química [2]. Já Davidovits [21], considera que o cimento geopolimérico com cura à temperatura ambiente (20 °C) pode adquirir resistência à compressão de 20 MPa em 4 h. Dependendo ainda das condições de síntese e cura, esses materiais podem atingir valores de resistência à compressão de 70 a 100 MPa [15].

De acordo com Dias e Thaumaturgo [20], uma das principais vantagens do cimento geopolimérico é a redução da emissão de CO₂, na fase de produção do cimento geopolimérico

em relação ao cimento Portland, onde a produção de 1 tonelada de cimento Portland gera diretamente 0,55 toneladas de CO₂ químico, acrescido da queima de combustíveis fósseis, que contribui com 0,40 toneladas de CO₂. Com um investimento similar e menor gasto de energia, em termos de emissão de CO₂, pode-se produzir de 5 a 10 vezes mais cimento geopolimérico que a tecnologia do cimento Portland.

Considerando que os materiais utilizados na construção civil exercem um grande impacto ambiental, nas fases de extração, processamento, transporte, uso e eliminação, essa pesquisa visa comparar os dois tipos de concreto, considerando as emissões de GEE expressos em kg CO₂.eq.

2

Em todas as formas de construção há possibilidades de redução do impacto ambiental. Os arquitetos e engenheiros enfrentam um grande dilema na hora de optar por material construtivo, mas podem contribuir para proteção do meio ambiente mediante a especificação desses materiais. A vantagem de considerar a edificação isoladamente é sua relativa simplicidade e a capacidade de quantificar o seu consumo e sua produção. Quando a sociedade aceitar a ideia de projetos de edificações sustentáveis, o desenvolvimento sustentável da cidade será uma consequência.

Assim sendo, as Fig. 01 a 03 apresentam o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar térrea de 165 m² utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, em 2D e 3D, respectivamente.



Figura 01: Projeto Arquitetônico para estudo comparativo da análise do ciclo de vida de concretos.

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 02 e 03: Imagens tridimensionais do Projeto de Arquitetura de uma residência.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir desse projeto arquitetônico, foi elaborado o projeto estrutural em concreto armado, o qual determinará a quantidade de concreto necessária à estrutura da residência e seu respectivo traço, representado pela Fig. 04 abaixo.

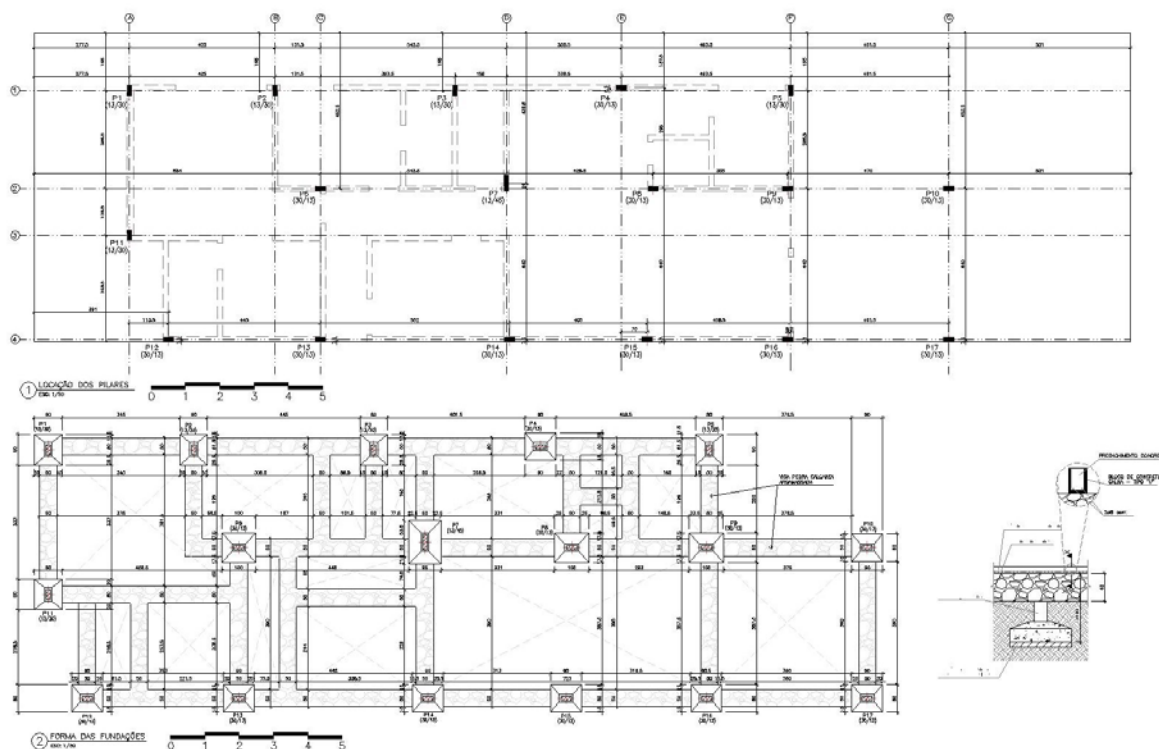


Figura 04: Projeto Estrutural para determinar quantitativo de concreto.
Fonte: Elaborado pelo autor em parceria com a UNIPROJ Engenharia.

Para um melhor entendimento dessa estrutura, foram elaborados modelos tridimensionais do Projeto Estrutural, no que diz respeito às partes que utilizarão o concreto como matéria prima, a exemplo de: fundação, pilares, vigas e lajes, representados pela Fig. 05.

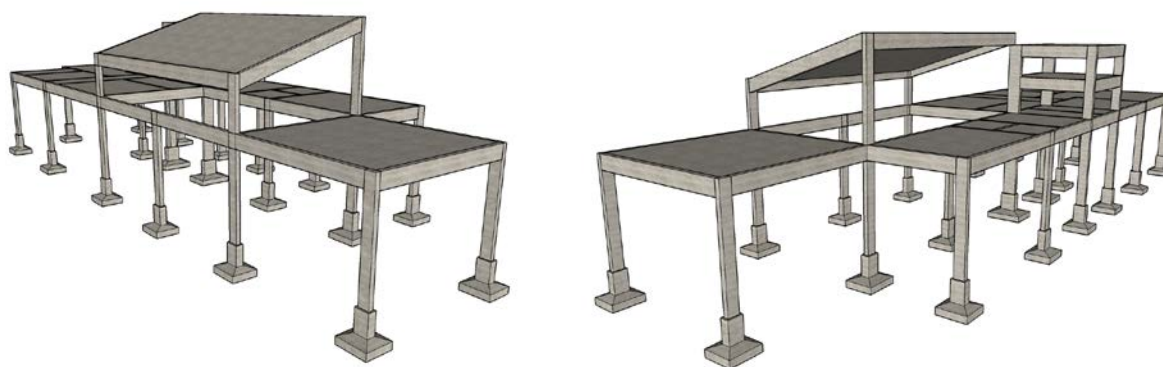


Figura 05: Modelo Tridimensional do Projeto Estrutural.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim sendo, pode-se quantificar, em m^3 a quantidade de concreto necessária a estrutura, observado na Tabela 1.

Tabela 1: Quantitativo de Concreto em m³ das Estruturas. Fonte: Elaborado pelos autores (2015)

Tabela 1: Quantitativo de Concreto em m ³ das Estruturas		
Elemento	Quantidade (m ³)	Volume Total (m ³)
Fundação	19	7,17
Pilares	19	8,31
Vigas	31	8,30
Lajes	18	45,94
Total		69,72

Portanto, considerando a estrutura anteriormente indicada, somando o volume dos elementos da fundação, pilares, vigas e lajes, chegou-se ao volume de 69,72 m³ de concreto na estrutura da edificação residencial.

3.1 Metodologia

Com o objetivo de apresentar e quantificar em uma edificação residencial, o impacto causado por dois tipos de concreto (os geopoliméricos e os concretos à base de cimento Portland composto), foi proposto inicialmente um projeto arquitetônico e estrutural, onde foi possível determinar o volume de concreto necessário à edificação para, então, através da Análise do Ciclo de Vida (ACV), comparar os dois materiais através do software SimaPro® [13], para definir a melhor alternativa de material para a edificação. Inicialmente o impacto ambiental foi calculado para 1 m³ de cada concreto, através da estimativa das emissões em kg CO₂-eq para determinar o potencial sustentável de ambos materiais.

3.1.1 Descrição da metodologia

Para esta análise do ciclo de vida dos dois tipos de concreto, foram desconsideradas as etapas de extração de matérias-primas e seu transporte, bem como o transporte, lançamento, compactação e cura do concreto, já que elas ocorrem para os dois materiais, não sendo, portanto, relevantes no resultado da comparação. Tal limitação é comum na realização de ACV, chamado no âmbito internacional de *cradle-to-gate*, como muitos pesquisadores vêm praticando [25].

Sabe-se que com essa análise, considera-se que a vida útil dos dois tipos de concreto é igual, o que não é uma informação real, verificando que ACV's não são isentas de problemas. Para considerar o seu desempenho a longo prazo, e assim conseguir realizar uma ACV completa, ou *cradle-to-tomb*, seria necessário avaliar questões como as condições climáticas as quais os materiais seriam submetidos, por exemplo, o que dificultaria ou até mesmo impossibilitaria a realização desta análise em alguns casos. Nesta pesquisa, a avaliação foi realizada utilizando o Software SimaPro® 8.0.5.13 [13], a base de dados do Ecoinvent [16] e o método IPCC 2013 GWP 100a [17,18].

3.2 Descrição da metodologia

A Fundação de Concreto Tradicional, ou seja, a base de cimento Portland foi produzida com um cimento CP-II-Z, que possui de 6 a 14% de argila, além de ser bastante utilizado no estado da Paraíba, agregados naturais (areia natural e brita calcária), água e aditivo (1% do teor de cimento) com um traço de 1:1,74:2,87 e fator a/c de 0,47, apresentando uma resistência de 25 MPa aos 28 dias. Já a fundação de concreto geopolimérico é oriunda da ativação alcalina de metacaulinita por uma solução de silicato e hidróxido de sódio acrescido de água e dos

mesmos agregados naturais da fundação de concreto tradicional em traço, aproximadamente, equivalentes. Foi empregado a razão de 1, aproximadamente, entre a solução alcalina e o metacaulim visando conferir boa trabalhabilidade e resistência mecânica ao concreto geopolimérico.

4.2.2.2. Emissões de CO₂-eq para cada tipo de concreto

Os valores dos respectivos componentes do concreto em estudo, tradicional ou geopolimérico, determinados em função do traço recomendado para se obter um concreto com resistência na ordem de 25 MPa, foram lançados no software SimaPro para que este gerasse a rede da cadeia produtiva, expressando os resultados em kg CO₂-eq. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com relação aos impactos ambientais de cada tipo de fundação, bem como a contribuição de cada componente do concreto.

Tabela 2: Quantitativo de Emissões de kg CO₂-eq para cada tipo de concreto e seus constituintes por m³. Fonte: Elaborado pelos autores (2015)

	Concreto Tradicional	Concreto Geopolimérico
Cimento Portland	272,00	-
Metacaulim	-	47,80
Areia Natural	2,20	1,76
Brita Calcária	8,91	6,14
Aditivo	3,16	-
Água	0,10	0,07
Solução Alcalina	-	161,34
Total	286,37	211,11

Pela Tabela 2, pode-se observar os resultados em termos de emissões de kg CO₂-eq para cada m³ de cada tipo de fundação, bem como a contribuição de cada material constituinte. Pode-se observar, ainda, que no caso da fundação tradicional, aproximadamente 95% de todo impacto ambiental gerado é oriundo do cimento Portland. Esta elevada contribuição está relacionada ao processo de clínquerização e toda sua demanda térmica [2, 26].

No caso da fundação a base de concreto geopolimérico pode-se observar que a maior contribuição de kg CO₂-eq para cada m³ está relacionado com a obtenção da solução alcalina, em especial a demanda energética das etapas de fusão e dissolução do silicato de sódio [27] que equivalem a 74,3% do total de emissões desse tipo de fundação. Além destes, as emissões de CO₂ da fundação geopolimérica está relacionada, ainda, ao seu processo produtivo, em especial à obtenção do metacaulim, ou seja, proveniente da queima de combustíveis fósseis para fornecimento de calor [2]. Contudo, comparando os dois tipos de fundações proposto, pode-se observar que a fundação geopolimérica apresenta um impacto ambiental menor comparado a fundação tradicional, na ordem de 24,2%.

Os valores apresentados na Tabela 2 mostraram o impacto ambiental associado a cada m³ de fundação. Ao multiplicarmos a emissão de kg CO₂-eq de cada concreto pelo volume total da estrutura, 69,71 m³, chega-se ao total de 19.962,85 kg CO₂-eq para o concreto a base de cimento Portland, utilizado no primeiro tipo de estrutura, e de 15.134,75 kg CO₂-eq para o concreto geopolimérico. Pode-se observar que a fundação a base de concreto geopolimérico apresenta um potencial de aplicação mais eficiente em termos ambientais quando

comparados ao concreto tradicional de mesmo desempenho mecânico. Quando comparados em termos de durabilidade, estudos [21-23], os concretos geopoliméricos ainda apresentam melhores propriedades quando comparados aos concretos tradicionais e que não foram avaliados neste estudo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do Software SimaPro® para aplicação da ACV integrados a base de dados do Ecoinvent [Ecoinvent] e utilizando o método IPCC 2013 GWP 100a [17,18], tornou possível identificar a opção com menor impacto ambiental entre dois tipos de concreto distintos. O primeiro, considerado o concreto tradicional a base de cimento Portland composto a base de pozolana (CP II-Z), composto por: cimento, areia, brita e água com utilização de aditivo. O segundo, concreto geopolimérico, composto por: metacaulim, areia natural, brita calcária, água e uma solução alcalina a base de silicato de sódio e hidróxido de sódio. Desta forma, o concreto geopolimérico se mostrou uma alternativa a ser considerada, na produção de materiais de construção de menor impacto ambiental, reduzindo em 24,2% o quantitativo emitido de kg CO₂-eq por m³ na estrutura da edificação residencial em estudo.

Dentre os constituintes que obtiveram uma maior contribuição nas emissões de kg CO₂-eq foram o cimento Portland para a fundação tradicional e a solução alcalina na fundação geopolimérica. No primeiro tipo de fundação esta contribuição está relacionada ao processo de clínquerização e toda sua demanda térmica [2, 26], enquanto na segunda está relacionada com as etapas de fusão e dissolução do silicato de sódio [27].

Sabe-se que muitas alternativas são possíveis para viabilizar um projeto arquitetônico e estrutural com conceitos sustentáveis. Espera-se, como o desenvolvimento dessa pesquisa, contribuir para os estudos acerca da sustentabilidade, além de sensibilizar a sociedade sobre a importância da redução do impacto ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte por meio dos projetos nº 472793/2013-6, 475879/2013-9 e 303199/2015-6, bem como ao Centro de Energias Alternativas e Renováveis/UFPB pela cessão do laboratório para a realização do programa experimental e ao engenheiro Armando Mendes pela contribuição do projeto estrutural.

REFERÊNCIAS

- [1] B. Edwards. Rough guide to sustainability. 2ª Ed. RIBA Enterprises, Londres, 2005.
- [2] P. Borges, T. Lourenço, A. Foureaux, L. Pacheco: 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, 2014.
- [3] Y. Kihara e G. Visado: A indústria do cimento e o desenvolvimento do Brasil. 2014. Informação obtida em <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/a-industria-do-cimento-e-o-desenvolvimento-do-brasil>, em março 2016.
- [4] Araújo, Viviane Miranda. Práticas Recomendadas para a Gestão mais Sustentável de Canteiros de Obras. Dissertação apresentada à Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

- [5] M. Keeler, B. Burker. Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- [6] J.L. Mascaró. O custo das decisões arquitetônicas. 5ª Ed. Mas Quatro, 2010.
- [7] A.P. Gursel, E. Masanet, A. Hovarth, A. Stadel: Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. Cement & Concrete Composites, v. 51, p. 38-48, 2014.
- [8] J. Guinée: 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.
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.
- [10] Associação brasileira de normas técnicas: NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014.
- [11] ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.
- [12] ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.
- [13] SimaPro – Life cycle assessment software. 2015. Informação obtida em <https://network.simapro.com/pre/>, em março de 2016.
- [14] L. Bragança e R. Mateus: Sustentabilidade de soluções construtivas. In: Congresso Sobre Construção Sustentável, 2, Porto, Portugal, 2006.
- [15] A. Teixeira Pinto. Sistemas Ligantes Obtidos Por Ativação Alcalina do Metacaulino. Minho, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2004.
- [15] EcolInvent v3.0 Database. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, Switzerland, 2013.
- [16] EcolInvent v3.0 Database. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, Switzerland, 2013.
- [17] Intergovernmental panel on climate change (IPCC): Organization. 2015. Informação obtida em <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>, em março de 2016.
- [18] Intergovernmental panel on climate change (IPCC): 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. 2013. Informação obtida em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/>, em março de 2016.
- [19] Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual 2010. 2011. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/snic-relatorio2010-11_web.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- [20] D.P. Dias; C. Thaumaturgo. Avaliação da aderência entre barras lisas de aço e concretos geopoliméricos. CEP, v. 22, p. 270, 2001.
- [21] J. Davidovits. Properties of Geopolymer Cements. Geopolymer Institute, Alkaline Cements and Concretes, KIEV Ukraine, 1994.
- [22] H. Xu, J.S.J. Van Deventer. The geopolymerisation of alumino-silicate minerals. International Journal Mineral Processing 59 (3): 247-266, 2000.

- [23] K.C. Gomes. Distribuição do Fe em Compósitos Geopoliméricos a base de precursores ricos em Ferro. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba, 2011.
- [24] S.C. Mazza. Estudo das Propriedades Mecânicas e da Aderência do Sistema Argamassa de Reparo com Cimento Geopolimérico/Substrato de Concreto com Cimento Portland. MEAU, UFBA, 2010.
- [25] G. Habert, J.B. D'Espinose de Lacaillerie, N. Roussel. An Environmental Evaluation of Geopolymer Based Concrete Production: reviewing current research trends. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 11, p. 1229-1238, 2011.
- [26] K. Humphreys, M. Mahasenan: Toward a Sustainable Cement Industry. Substudy8: Climate Change. World Business Council for Sustainable Development, 2002. Informação obtida em http://www.cement.ca/images/stories/wbcsd-batelle_2002_climate_change_-_substudy_8.pdf, em março de 2016.
- [27] M. Fawer, M. Concannon, W. Rieber. Life Cycle Inventories For The Production of Sodium Silicates. *International J. LCA*, v. 4, n. 4, p. 207-212, 1999.