



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

LENILSON DIAS DOS SANTOS

ESTAÇÃO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA UNIDADE DE RECICLAGEM MODELO

Belém - PA

2025

LENILSON DIAS DOS SANTOS

ESTAÇÃO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA UNIDADE DE RECICLAGEM MODELO

Projeto de pesquisa apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará – UFPA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II).

Orientador: Prof.^a. Dr.^a Gisa Helena Melo Bassalo.

Belém - PA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237e Santos, Lenilson.
ESTAÇÃO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL : PROJETO ARQUITETÔNICO DE
UMA UNIDADE DE RECICLAGEM MODELO / Lenilson
Santos. — 2025.
111 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof^a. Dra. Gisa Bassalo
Coorientador(a): Prof. Me. José Maria Coelho Bassalo
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo, Belém, 2025.
1. Construção Civil. 2. Resíduos de Construção e
Demolição. 3. Usinas de reciclagem.. I. Título.

CDD 725.4

LENILSON DIAS DOS SANTOS

ESTAÇÃO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA UNIDADE DE RECICLAGEM MODELO

Projeto de pesquisa apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará – UFPA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II).

Orientador: Prof.^a Dr.^a Gisa Helena Melo Bassalo.

Data: _____

Resultado: _____

AVALIADO PELA BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Gisa Helena Melo Bassalo.

Orientadora – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU - UFPA)

Prof. Me. José Maria Coelho Bassalo

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU - UFPA)

Prof.^a Dr.^a Vanessa da Rosa Watrin.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU - UFPA)

Em setembro de 2025.

BELÉM-PA

2025

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Jesus Cristo, pelo dom da vida e por me permitir mais esta conquista. A ele a Glória!

A minha mãe, Lucilene Santos, por sempre me apoiar em cada decisão na minha vida e por acreditar no meu potencial; não medindo esforços para me ajudar a chegar até esta etapa da vida.

A minha avó, Maria Madalena, que sempre me acolheu, não deixando faltar nada, sempre me cuidando e torcendo pelo meu sucesso.

As minhas irmãs que sempre acreditaram em mim.

A todos os professores da FAU UFPA que contribuíram na minha formação. Em especial, aos professores Dr.^a Gisa Helena Melo Bassalo e Me. José Maria Coelho Bassalo pela efetiva colaboração, expressiva participação, contínua disposição, motivadora dedicação, e intenso compartilhamento de conhecimento, o que me possibilitou finalizar mais essa etapa.

Aos amigos, irmãos: Brena Melo e Iodilha Melo por acreditarem em mim, me dando sempre motivação para prosseguir e que, de formas diferentes, me ajudaram e contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos arquitetos e urbanistas Anderson Tavares e Alan Freitas que foram um grande auxílio no decorrer da minha formação acadêmica.

Por fim, a todos que participaram da minha jornada acadêmica e contribuíram direta ou indiretamente para a concretização desse objetivo.

RESUMO

O setor da construção civil é o que mais consome recursos naturais e desde a idade antiga vem gerando como subprodutos uma grande quantidade de resíduos, que acabam gerando inúmeros problemas ambientais. Os efeitos causados por essa indústria contribuíram para o surgimento de análises que transcorrem desde o processo de extração da matéria prima empregada no ramo até o seu descarte. O problema da pesquisa reflete sobre os impactos causados pelos resíduos sólidos gerados na construção civil, especificamente no que se refere ao seu tratamento e reaproveitamento, a reflexão crítica sobre essa temática torna-se relevante devido a necessidade de se proteger o meio ambiente e combater a poluição gerada pelos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Nossa proposta de estudo visa analisar e discutir sobre os efeitos que os materiais empregados na construção civil causam ao meio ambiente, bem como examinar quais as sugestões para o enfrentamento dos problemas causados pelos RCD e as formas de tratamento desses resíduos, além de fomentar a criação de um anteprojeto arquitetônico de uma estação de tratamento e reciclagem modelo, voltada para a administração desses produtos. O processo de construção desse trabalho foi constituído por três etapas: na primeira etapa, foram realizados estudos sobre o tema em questão, incluindo revisão da literatura; a segunda etapa contemplou estudos de casos no Brasil e no exterior; já a terceira foi elaborado um anteprojeto arquitetônico, baseado em um programa de necessidades, na definição das relações entre os ambientes, no pré-dimensionamento e na definição de um partido geral.

PALAVRAS CHAVE: Construção Civil; Resíduos de Construção e Demolição; Usinas de reciclagem.

ABSTRACT

The civil construction sector is the largest consumer of natural resources and, since ancient times, has generated a large quantity of waste as a byproduct, leading to numerous environmental problems. The effects caused by this industry have contributed to the emergence of analyses that span from the process of extracting raw materials to their final disposal. This research addresses the impacts caused by solid waste generated in civil construction, specifically regarding its treatment and reuse. A critical reflection on this topic is highly relevant due to the need to protect the environment and combat the pollution caused by Construction and Demolition Waste (CDW). Our proposed study aims to analyze and discuss the environmental effects of materials used in civil construction, as well as to examine suggestions for tackling the problems caused by CDW and the methods for treating this waste. It also seeks to promote the creation of a preliminary architectural design for a model treatment and recycling plant focused on managing these products. The process of developing this work was structured in three stages: the first stage involved studies on the topic, including a literature review; the second stage included case studies in Brazil and abroad; and the third stage consisted of developing a preliminary architectural design based on a program of needs, defining the relationships between spaces, pre-sizing, and establishing a general design concept.

KEYWORDS: Civil Construction; Construction and Demolition Waste; Recycling Plants.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Classificação dos RCD segundo sua origem. p. 22
- Figura 2 – Usina Móvel p. 37
- Figura 3 – Central dosadora de concreto - Usina Semimóvel p. 38
- Figura 4 – Usina Fixa p. 38
- Figura 5 – Britador com alimentador vibratório p. 40
- Figura 6 – Moinho de martelo p. 41
- Figura 7 – Transportadora de correia p. 41
- Figura 8 – Separador magnético suspenso p. 42
- Figura 9 – Peneira vibratória p. 42
- Figura 10 – Fluxograma das etapas de operação das Recicladoras de RCD. p. 44
- Figura 11 – Usina de RCD Pampulha (Belo Horizonte). p. 49
- Figura 12 – Vista panorâmica do Raso da Catarina. P. 51
- Figura 13 – Área de recuperação ambiental e de transbordo - Petrolina. p. 51
- Figura 14 – Layout da usina de beneficiamento de RCD de Petrolina. p. 52
- Figura 15 – Fachadas: Oeste, Sul, Leste e Norte da UBE de Petrolina p.53
- Figura 16 – Máquinas da UBE de Petrolina em operação. p. 53
- Figura 17 – Processadora de resíduos Sólidos de Porto Velho/ RO. p. 55
- Figura 18 – Implantação da processadora de resíduos Sólidos de Porto Velho/ RO. p. 55
- Figura 19 – Layout e Planta Baixa da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 56
- Figura 20 – Cortes AA e BB da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 56
- Figura 21 – Cortes CC da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 57
- Figura 22 – Planta de cobertura da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 57
- Figura 23 – Fachada frontal da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 58
- Figura 24 – Fachada lateral direita da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 58
- Figura 25 – Fachada lateral esquerda da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO. p. 58

- Figura 26 – Planta baixa do galpão da PSR Porto Velho/ RO. p. 59
- Figura 27 – Planta de cobertura do galpão da PSR Porto Velho/ RO. p. 60
- Figura 28 – Planta de layout do anexo do galpão da PSR Porto Velho/ RO. p. 60
- Figura 29 – Corte do anexo do galpão da PSR Porto Velho/ RO. p. 60
- Figura 30 – Corte do anexo do galpão da PSR Porto Velho/ RO. p. 61
- Figura 31 – Conjunto de britagem da PRS de Porto Velho/ RO. p. 61
- Figura 32 – Mapa de Localização da Região Metropolitana de Belém. p. 63
- Figura 33 – Terreno de implantação da Usina. p. 67
- Figura 34 – Organograma da Recicladora de RCD. p. 75
- Figura 35 – Implantação da Usina. p. 75
- Figura 36 – Fluxograma dos processos da Recicladora de RCD. p. 77
- Figura 37 – Fachada da Guarita. p. 79
- Figura 38 – Fluxograma da Administração da usina. p. 80
- Figura 39 – Layout e setorização do Prédio administrativo p. 81
- Figura 40 – Fachada do Prédio administrativo p. 82
- Figura 41 – Fluxograma dos processos do Galpão de triagem p. 83
- Figura 42 – Layout e setorização do galpão de triagem – Térreo p. 84
- Figura 43 – Layout e setorização do galpão de triagem – Mezanino p. 85
- Figura 44 – Layout e setorização do galpão de armazenagem p. 85
- Figura 45 – Fachada do Galpão de Triagem p. 86
- Figura 46 – Fachada do Galpão de Armazenamento p. 86
- Figura 47 – Planta de britagem p. 87
- Figura 48 – Fluxograma da Fábrica da usina p. 88
- Figura 49 – Fluxograma dos processos da fábrica p. 89
- Figura 50 – Layout e setorização da Fábrica de artefatos de concreto p. 90
- Figura 51 – Fachada da Fábrica de artefatos de concreto. p. 91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições conforme Resolução nº 307 do CONAMA. p. 26

Quadro 2 – Produtos utilizados na construção civil e suas alternativas de reciclagem. p. 35

Quadro 3 – Materiais gerados através da reciclagem de RCD. p. 46

Quadro 4 – Centrais de reciclagem de RCD existentes no Brasil até o ano de 2002. p. 50

Quadro 5 – Condições e critérios para implantação de usina de reciclagem RCC. p. 66

Quadro 6 – Área necessária para os processos de triagem nas usinas de RCD. P. 69

Quadro 7 – Área necessária para os processos de reciclagem de RCD da classe A nos centros de manejo dos grandes volumes de RCD. p. 69

Quadro 8 – Pré dimensionamento da usina de RCD. Pág. 74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

COBRACON – Comitê Brasileiro da Construção Civil

COEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CPTR – Central de Tratamento e Processamento de Resíduos

CTRP – Central de Tratamento de Resíduos de Petrolina

DRES – Departamento de Resíduos Sólidos

GTR – Guamá Tratamento de Resíduos

NBR – Norma Brasileira

PEV's - Pontos de Entrega Voluntária

PGRCC – Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

PGRS – Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Belém

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos da construção Civil.

RCD – Resíduos de Construção e Demolição.

RMB – Região Metropolitana de Belém

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental

SEDOP – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas

SEINFRA – Secretaria Municipal de Infraestrutura, Mobilidade e Serviços Públicos de Petrolina

SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade

SEZEL – Secretaria Municipal de Zeladoria e Conservação Urbana

TAC – Termo de Ajuste de Conduta

UBE – Usina de Beneficiamento de Entulhos

URPV – Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO.....	16
II. METODOLOGIA	19
III REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 A EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
3.1.1 A origem e os processos de geração dos RCD	21
3.1.2 Destinação dos RCD	23
3.2 ASPECTOS LEGAIS.....	24
3.2.1 Resolução CONAMA	25
3.2.1.1 Classificação dos RCD segundo a resolução do CONAMA.....	27
3.2.2 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).....	28
3.2.3 Normas técnicas Brasileiras	29
3.2.4 Planos de gerenciamento dos RCD	30
3.2.4.1 Ações no Estado do Pará	31
3.2.4.2 Ações na Cidade de Belém.....	32
3.3 USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	33
3.3.1 Reutilização e reciclagem.....	34
3.3.2 Tipos de plantas das usinas de reciclagem de RCD	36
3.3.2.1 Usinas com planta móvel	36
3.3.2.2 Usinas com planta semimóvel.....	37
3.3.2.3 Usinas com planta fixa	38
3.3.3 Equipamentos de uma usina de reciclagem de RCD.....	39
3.3.3.1 Alimentadores	39
3.3.3.2 Britadores	40
3.3.3.3 Moinhos.....	40
3.3.3.4 Transportadores de correia	41
3.3.3.5 Separadores magnéticos	42
3.3.3.6 Peneiras	42
3.3.3.7 Grelhas.....	43

3.3.3.8 Lavadores	43
3.3.4 Etapas de operação de uma usina de RCD	43
3.3.5 Materiais produzidos no processo de beneficiamento dos RCD	45
3.4 ESTUDO DE CASO DE USINAS DE RCD.....	46
3.4.1 Usinas de RCD no Brasil	47
3.4.1.1 Usina de RCD em Petrolina – PE.....	50
3.4.1.2 Usina de RCD em Porto Velho – Rondônia.....	54
IV. ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DE ANTIPROJETO	
ARQUITETÔNICO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RCD CLASSE A	
NA CIDADE DE BELÉM - PA.....	62
4.1 A REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM E O DESCARTE DOS RESÍDUOS	
SÓLIDOS EM SUA LOCALIDADE	62
4.1.1 Estimativa do volume de RCD gerado na cidade	64
4.2 PROGRAMA DE NECESSIDADES	65
4.2.1 Condições para Implantação da usina de RCD.....	65
4.2.1.1 Localização.....	67
4.2.2 Diretrizes do projeto	68
4.2.3 Conceituação – Tipologia.....	69
4.2.4 Pré Dimensionamento	71
4.2.5 Implantação	75
4.2.6 Etapas de operação da Usina.....	76
V MEMORIAL JUSTIFICATIVO	78
5.1 Partido arquitetônico	78
5.2 Guarita	78
5.3 Administração.....	79
5.3.1 Solução plástica (volumetria).....	80
5.3.2 Layout e Setorização	81
5.3.3 Fachada.....	81
5.3.4 Sistema Construtivo	82
5.4 Galpão de triagem e galpão armazenagem de produtos pós triados.....	83
5.4.1 Solução plástica (volumetria).....	84
5.4.2 Layout e Setorização	84
5.4.3 Fachada.....	86

5.4.4 Sistema Construtivo	87
5.5 Fábrica de artefatos de concreto	88
5.5.1 Solução plástica (volumetria).....	89
5.5.2 Layout e Setorização	89
5.5.3 Fachada.....	90
5.5.4 Sistema Construtivo	91
6. CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS	93
ANEXOS	101

I INTRODUÇÃO

Documentos antigos e recentes afirmam que a construção de habitações e obras de melhoramento do habitat humano, nos primórdios da humanidade eram concebidas de forma artesanal. Relatos históricos demonstram que desde o período em que os homens deixaram de morar nas cavernas, passaram a construir suas próprias habitações, sendo forçados a buscar alternativas para a elaboração e construção de seu abrigo (RIBEIRO, PINTO E JOANA, 2002). Essas mudanças de comportamento levaram-nos a incorporar vários produtos em seu processo construtivo, passando a modelá-los e adaptá-los conforme a sua necessidade.

A partir do momento em que o homem sai da caverna, ele começa a transformar os recursos naturais em produtos úteis. Assim, materiais como pedras, madeira, barro e em menor escala as fibras vegetais e metais; começaram a ser largamente beneficiados e utilizados na construção de suas moradias (BRASILEIRO E MATOS, 2015). Convém salientar que, até então a técnica empregada por eles se resumia a modelar esses materiais em sua forma bruta (sem nenhum tratamento especial).

Aos poucos foi-se criando domínio sobre o uso da matéria prima utilizada no processo construtivo, ocasionando alterações significativas no tratamento dos materiais. Paulatinamente, a introdução de novas tecnologias e a qualificação da mão de obra proporcionaram a evolução do processo produtivo, gerando assim técnicas construtivas mais eficientes (NAVARRO, 2006).

A forma como os indivíduos lidavam com a transformação de seu ambiente imediato permitiu a eles a descoberta para a utilização de novos materiais e o emprego de novos sistemas construtivos. Desse modo, iniciaram-se experimentações técnicas possibilitadas por novas demandas. Assim, Todos os conhecimentos obtidos durante os períodos anteriores, agora poderiam ser aplicados de uma nova forma (OLIVEIRA, 2015).

A evolução dos materiais utilizados na transformação do ambiente habitável se deu a passos lentos e de maneira proporcional ao aumento da exigência do homem, que passou a buscar para suas construções materiais mais resistentes, com maior durabilidade e melhor aparência (BARROS s.d.). Desse modo, as descobertas de novas possibilidades construtivas e estruturais fizeram com que os antigos materiais (como a pedra e a madeira) fossem gradativamente deixados em segundo plano.

Como efeito dessas descobertas, ocorre o surgimento do concreto, por exemplo, que nasce da necessidade em se ter um material resistente como a pedra, mas de moldagem fácil como o barro (OLIVEIRA, 2015). Outro exemplo que podemos citar é o do concreto armado

que desponta da necessidade em se obter estruturas capazes de vencer vãos maiores. Além desses exemplos podemos citar também a introdução do concreto protendido, do aço, dos materiais de revestimento, de acabamento etc. nos espaços construídos. Todos esses materiais permitiram novas experiências e a concepção de novos espaços alterando o caráter da construção (BARROS s.d.).

Muito dessa evolução se deu a partir do final do século XVIII e início do século XIX, graças a Revolução Industrial e ao pensamento iluminista. Desde então as cidades passaram a crescer de modo muito intenso; este acontecimento acabou trazendo várias consequências negativas para o meio natural e urbano, ocasionadas pelo processo extração e produção excessiva de materiais utilizados na construção civil, que acaba gerando uma grande quantidade de resíduos que consequentemente poluem o meio ambiente (BRASILEIRO E MATOS, 2015).

O setor da construção civil é o que mais consome recursos naturais e desde a idade antiga vem gerando como subprodutos uma grande quantidade de resíduos (conhecidos como RCD¹), que acabam gerando inúmeros problemas ambientais (ALVES, et al, 2015).

Esse cenário fomentou o desenvolvimento de diversos estudos sobre os impactos causados pela construção civil. Os efeitos da produção de materiais empregados nessa indústria contribuíram para o surgimento de análises que transcorrem desde o processo de extração da matéria prima empregada no ramo até o seu descarte.

Seja como for, a indústria da construção civil em muito tem contribuído com a geração de emprego e renda, fato este que a levou a ser reconhecida como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de diversos países (BRASILEIRO E MATOS, 2015). Mas, como citado anteriormente, essa mesma indústria, paradoxalmente tem gerado grandes impactos ambientais, além de causar vários problemas de ordem social e econômica, principalmente quando seus produtos são descartados no meio ambiente sem nenhum controle.

Vale observar que as questões ambientais têm sido motivo de grandes discussões, ocupando um espaço bastante amplo nas legislações de diversos países (BRASILEIRO E MATOS, 2015). A grande geração de resíduos, principalmente dos oriundos da construção civil tem colaborado para que esse assunto se torne cada dia mais frequente. Por isso, a reflexão crítica sobre os impactos causados pelos resíduos sólidos gerados na construção civil, especificamente no que se refere ao seu tratamento e reaproveitamento torna-se relevante para

¹ A resolução do CONAMA 307/2002 definiu como resíduos da construção civil os resíduos conhecidos comumente como entulhos de obras. RCD é abreviatura utilizada para os resíduos da construção civil, e compreendem as sobras de construção e demolição.

essa pesquisa, devido a necessidade de se proteger o meio ambiente e combater a poluição gerada pelos RCD.

Com base nessas informações, apresentamos a nossa proposta de estudo, que visa fomentar a criação de um anteprojeto arquitetônico de uma estação de tratamento e reciclagem de RCD (classe A) modelo, voltada para a administração desses produtos.

O desenvolvimento desse trabalho foi constituído por três etapas: na primeira delas foram realizados estudos sobre o tema em questão, incluindo revisão da literatura; a segunda contemplou estudos de casos no Brasil; na terceira elaboramos um anteprojeto arquitetônico, baseado em um programa de necessidades, na definição das relações entre os ambientes, no pré-dimensionamento e na definição de um partido geral.

Baseado nessas informações, subdividimos a presente monografia nas seguintes partes: a evolução dos processos construtivos e a geração de resíduos sólidos; Aspectos legais; Usinas de reciclagem de resíduos da construção e demolição; Estudos de caso de usinas de RCD; Estudos para a elaboração de anteprojeto de uma usina de reciclagem de RCD, classe A, na cidade de Belém do Pará e, por fim, o Memorial Justificativo.

II. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada de forma exploratória qualitativa, utilizando-se de conhecimentos técnicos. Para desenvolver tal estudo fizemos um levantamento bibliográfico e documental, com o fim de oferecer respaldo teórico à descrição apresentada, de modo a validar esta investigação. Nessas condições, utilizamos em nossa análise um método de pesquisa semelhante ao método abordado por Gil (2007, p. 17) que relata:

(...) procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Nesse processo, apresentamos uma abordagem sobre questões de sustentabilidade, minimização de resíduos da construção e demolição, usinas de reciclagem, agregados, aplicação e uso dos produtos reciclados etc. Com base nessas informações, foi possível obter uma compreensão mais consistente sobre os resíduos de construção e demolição (RCD), as legislações que regulamentam a gestão sustentável destes resíduos e sobre as usinas de triagem e reciclagem de RCD.

Após a conclusão destes processos, foi possível realizar alguns estudos de caso a fim de constatar as características de cada usina em função de seus projetos, aspectos administrativos, infraestrutura e equipamentos operacionais. Para conferir a situação específica de Belém realizamos um estudo sobre o descarte dos resíduos sólidos em sua localidade, as Legislações locais que tratam sobre os Resíduos Sólidos e a Estimativa do volume de RCD gerado na cidade.

Diante de todas as informações coletadas, foi possível elaborar um anteprojeto arquitetônico de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição, definindo os equipamentos necessários para seu funcionamento e seu porte, a volumetria de matéria prima processada e o tamanho mínimo da área a ser utilizada por ela.

III REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com Ribeiro, Pinto e Joana (2002, apud ALVES Et al., 2015), o setor da construção civil está presente nas sociedades desde os primórdios da humanidade. A necessidade de proteção e comodidade fora das cavernas naturais forçou o homem a explorar novas alternativas para elaboração e construção do seu abrigo. A partir da sua saída das

cavernas, o homem passou a buscar como refúgio um local que fosse feito de materiais apropriados e que lhe oferecesse segurança e conforto.

Aos poucos suas exigências foram aumentando, sendo necessário para essas moradias o emprego de novas matérias primas e novos sistemas construtivos. Alguns autores afirmam que a construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento. Lindoso (2000) aponta que:

A área da construção civil abrange todas as atividades de produção de obras. Estão incluídas nesta área as atividades referentes às funções planejamento e projeto, execução e manutenção e restauração de obras em diferentes segmentos, tais como edifícios, estradas, portos, aeroportos, canais de navegação, túneis, instalações prediais, obras de saneamento, de fundação e terra em geral, estão excluídas as atividades relacionadas às operações, tais como a operação e o gerenciamento de sistemas de transportes, a operação de estação de tratamento de água, de barragens, etc. (LINDOSO, 2000, p. 9).

Atualmente a Indústria da Construção Civil é reconhecida como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de um país; essa indústria, por exemplo, é responsável por aproximadamente 15% do produto interno bruto (PIB) brasileiro, com investimentos que ultrapassam R\$ 90 milhões por ano, gerando 62 empregos indiretos para cada 100 empregos diretos, contribuindo para a redução do déficit habitacional e da infraestrutura, coisas indispensáveis para o progresso (BRASILEIRO E MATOS, 2015).

Ainda mais, a relação com que o ramo da construção civil exerce com outros setores industriais, demonstra o papel fundamental que ela desempenha, sendo o principal responsável por garantir a infraestrutura necessária para o desenvolvimento de um país, conforme descrito por Calçada (2014):

[...] o setor apresenta forte relacionamento com outros setores industriais (madeireiro, da mineração, metalúrgico, entre outros) na medida em que demanda vários insumos em seu processo produtivo, absorvendo direta ou indiretamente uma parcela significativa da mão de obra com menor qualificação. (CALÇADA, 2014, p.1).

Uma atividade com toda essa abrangência requer uma quantidade significativa e diferenciada de substâncias. No decorrer dos anos, os materiais empregados na construção civil foram mudando; atualmente, além dos materiais obtidos diretamente da natureza; os produtos elaborados industrialmente têm sido largamente empregados em suas atividades e conforme a tecnologia evolui, os materiais de construção se apresentam com uma gama de opções cada vez maior e com propriedades variadas.

Contudo, as substâncias empregadas na construção civil geram inúmeros problemas (ambientais, sociais e econômicos), que se originam desde o processo de extração dos recursos naturais utilizados na fabricação de insumos, até o descarte desses materiais. Essa situação piora

mais quando estes resíduos são descartados sem nenhum controle em locais inapropriados. Karpinski (2007) concorda com isso ao escrever:

A indústria da construção civil apresenta grandes volumes de materiais de construção e de atividades de canteiros de obras, o que acaba gerando um elevado índice de resíduos produzidos nas áreas urbanas depositados de maneira indistinta e desregrada em locais de fácil acesso, como terrenos baldios. (KARPINSKI, 2007, p.13).

Na análise de Pianovski (2015) os resíduos sólidos da construção civil, de uma forma geral, são vistos como produtos de baixa periculosidade, mas que causam grandes impactos por conta do enorme volume gerado. Já Rabelo (2012), destaca que o crescimento das atividades da construção civil provoca uma produção excessiva de resíduos sólidos, gerados de demolições e restos de materiais de construção.

3.1.1 A origem e os processos de geração dos RCD

Santos (2008) escreve que a investigação da origem dos RCD tem sido uma ação desempenhada por vários setores da sociedade (principalmente pelo meio acadêmico), essas análises visam quantificar e qualificar o volume de entulho gerado pelas obras civis e reduzir a geração dos resíduos de construção e demolição por meio da reutilização e reciclagem.

Schneider e Philippi Jr (2004) destacam que a cadeia produtiva da construção civil em comparação com outros setores industriais é a maior consumidora de matérias-primas, estima-se que suas atividades consumam entre 14 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta (BRASILEIRO E MATOS, 2015).

Esses fatos apontam a indústria da construção civil como um dos ramos que mais causam impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, que transformam as paisagens ou pela geração de subprodutos. Evangelista et al (2010, p. 23) escreve que “a indústria da construção civil se apresenta como um dos segmentos industriais mais críticos no que se refere aos impactos ambientais, sendo o principal gerador de resíduos sólidos da sociedade”.

A Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio ambiente (CONAMA), de 05 de julho de 2002, descreve, de forma bastante abrangente acerca dos resíduos de construção:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparo de demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

A figura abaixo apresenta um breve resumo sobre a origem dos resíduos de construção e demolição.

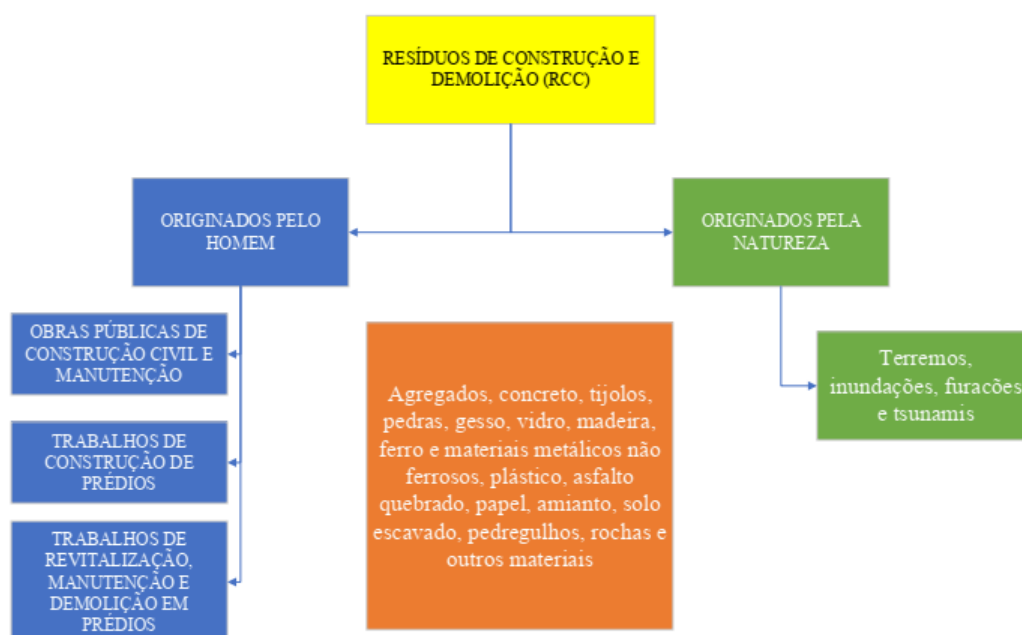


Figura 1 – Classificação dos RCD segundo sua origem

Fonte: Almeida (2019).

John (2001) descreve que costumeiramente a geração de RCD é anterior ao início de qualquer obra ou serviço, de fato, se considerarmos todas as matérias primas manipuladas na produção de insumos de construção civil, desde o momento da sua extração, logo perceberemos que esse processo além de consumir recursos naturais também produz resíduos (BRASILEIRO E MATOS, 2015).

Cunha (2007) escreve que:

Geralmente, os resíduos no canteiro de obra são gerados por quebras de produtos e ruptura de embalagens durante descargas, armazenagem e transporte; quebras durante execução de serviços, por falta de planejamento durante a modulação da obra; quebras em serviços já executados, em função de erros de execução e projeto; e perdas de materiais, por falta de capacitação de mão-de-obra e de gestão na operacionalização das atividades do canteiro de obra. (CUNHA, 2007, p. 27).

Concordando com a autora, Castro (2012) destaca que o processo de geração de resíduos dá-se também através de falhas de projetos, incompatibilidades projetuais, falta de procedimentos padronizados de serviços e o armazenamento e transporte inapropriado de materiais no canteiro.

O artigo nº 2, II da Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) destaca que os geradores de resíduos da construção: “são pessoas físicas ou

jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem resíduos [...]” (BRASIL, 2002). Podemos então interpretar que, de acordo com o órgão, os principais agentes geradores de RCD são as construtoras, empreiteiras, marmorarias, lojas de materiais de construção, Concreteiras e fabricantes de artefatos de cimento, população etc. (PRS, 2014) e (PIANOVSKI, 2015), o que nos leva a entender também que os RCD se originam nas residências, estabelecimentos comerciais, da limpeza urbana, dentre outros.

3.1.2 Destinação dos RCD

Paschoalin filho, et al (2014) comentam que a indústria da construção civil é responsável por gerar uma parcela significativa de todo o resíduo sólido produzido em áreas urbanas, tendo como consequência enormes desperdícios de materiais naturais como areia, pedra, madeira, cimento, entre outros . “Atualmente, se estima que os resíduos (entulhos) chegam a representar cerca de 41% a 70% de todos os resíduos sólidos urbanos produzidos” (ALVES, 2015, p. 4).

Como efeito disso, grande parte desses materiais são descartados de forma irregular em vias e logradouros públicos. Um passeio rápido pelas cidades logo nos fará perceber a realidade da deposição dos resíduos sólidos de construção e demolição nas periferias, leitos de rio, na beira de estradas, nas praças, nas áreas livres, em terrenos baldios ou em aterros sanitários sem qualquer tratamento (PRS, 2014).

A considerável geração de RCD e a sua deposição clandestina tem causado impactos ambientais bastante visíveis, provocando a degradação do ecossistema (SILVA, 2015). Dentre os problemas causados por esses materiais podemos citar: a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, a degradação de áreas de preservação permanente, assoreamento de córregos e rios, obstrução de vias e logradouros públicos, queimadas etc.

Em uma segunda análise, a deposição incontrolada de RCD prejudica o funcionamento dos sistemas urbanos, como redes pluviais e esgoto; além de ocasionar problemas de saúde pública, uma vez que, a presença de materiais orgânicos, produtos químicos, tóxicos e de embalagens diversas, misturados a esses resíduos, podem acumular água e favorecer à proliferação de vetores de doenças - roedores, insetos, aracnídeos e outros animais com potencial para afetar a população local. (SANTOS, 2019).

Sem falar que, os problemas relatados até aqui têm se apresentado como um grande obstáculo aos gestores municipais, visto que a deposição irregular de RCD é um fenômeno social complexo e bastante persistente. As práticas de rejeitos de RCD em locais inapropriados

trazem sobrecarga nos sistemas de limpeza pública e altos custos para a sua retirada. Concordando com tudo o que foi escrito até aqui Malheiros (2015) escreve:

Os aterros clandestinos têm obstruído córregos e drenagens, colaborando em enchentes, favorecido a proliferação de agentes transmissores de doenças (a exemplo da dengue), o assoreamento de rios e córregos, ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo a circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana e a existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade, levando assim boa parte das prefeituras a gastarem grande quantidade de recursos públicos na sua retirada. (SALES, CORDEIRO e SOUZA, 2004 apud MALHEIROS, 2015, p.11).

Essas questões têm promovido discussões de vários setores sociais, que objetivam um compromisso ambiental capaz de gerar ações que levem em consideração a preservação dos recursos naturais e o bem estar da sociedade. Contudo, este tem sido um desafio bastante complexo devido a ineficiência de políticas públicas que sejam capazes de amenizar os impactos causados pelos RCD; a necessidade de uma gestão ambiental que harmonize as políticas públicas com os demais agentes sociais; a falta de conscientização das pessoas no uso e descarte racional dos resíduos sólidos gerados pela construção civil; etc.

Na realidade existem muitos entraves que dificultam a efetivação de um sistema de tratamento de resíduos da construção civil eficiente e ambientalmente sustentável. Dentre estes podemos citar como exemplo: A ausência de infraestrutura, a falta de legislação municipal específica, a inexistência de coleta seletiva relacionada aos RCD, a inexistência de um corpo técnico capaz de diagnosticar as fontes geradoras de RCD, a falta da implementação de ações de fiscalização, os altos custos de implantação do plano, dentre outros. (BAASCH, 1995).

3.2 ASPECTOS LEGAIS

A grande geração de resíduos, principalmente os originados da construção civil, têm ocupado cada vez mais espaço nas legislações dos países (BRASILEIRO E MATOS, 2015). Refletindo sobre essa problemática, gestores de diversas localidades se veem diante de um desafio bastante complexo: a implementação de projetos que visem a preservação dos recursos naturais através de políticas sociais, além da tentativa de gerar ações participativas entre governos e cidadãos que foquem na redução e no reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados pela indústria da construção civil.

Desse modo, federações, estados e municípios passaram a fomentar políticas públicas, objetivando a implementação de um conjunto de ações que visam reduzir os impactos ambientais causados pela geração dos RCD, de forma a contribuir com a promoção da qualidade de vida nas cidades. De acordo com Karpinski et al (2008).

Nos últimos anos, o interesse por políticas públicas para os resíduos gerados pelo setor da construção civil tem se acirrado com a discussão de questões ambientais. Desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo, seja sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões (KARPINSKI et al., 2008, p. 70).

Pinto (1999) escreve que os países europeus e o Japão são os locais que possuem as políticas mais elaboradas e consolidadas no que tange aos resíduos de construção e demolição. O autor ressalta ainda que esses foram os lugares pioneiros no desenvolvimento de esforços para o conhecimento e controle dos RCD.

No caso do Brasil, não se dispunha de nenhuma política pública que contemplasse o setor da construção civil, com fins de diminuir os problemas da geração e destinação dos entulhos até o ano de 2002 (FRASSON, 2017). Neste ano entrou em vigor a Resolução de nº 307/2002 do CONAMA, um “conjunto de aspectos normativos que consideraram, de forma efetiva, a problemática dos RCC no Brasil.” (FRASSON, 2017, p. 2).

3.2.1 Resolução CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu no dia 05 de julho de 2002 a resolução de número 307, um marco bastante importante que trata sobre as normas e gestão dos RCD. Por meio dessa resolução o Conselho estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil; disciplinando ações necessárias com a intenção de minimizar os impactos ambientais e gerar benefícios de ordem social e econômica (SANTOS, 2019). No quadro a seguir apresentamos algumas definições adotadas pela Resolução 307/2002 do CONAMA.

ITENS	DEFINIÇÕES
Resíduos da construção civil	Provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;
Geradores	Pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos na resolução.
Transportadores	São as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação.
Agregado reciclado	Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

Gerenciamento de resíduos	Sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.
Reutilização	Processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.
Reciclagem	Processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.
Beneficiamento	Ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.
Aterro de resíduos da construção civil	Área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil “Classe A” no solo, visando a preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
Áreas de destinação de resíduos	Áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Quadro 1. Definições conforme Resolução nº 307 do CONAMA.

Fonte: Adaptado de CONAMA (2002, p.1 e 2).

A publicação dessa Resolução ofereceu reforço no combate dos problemas de geração e destinação dos RCD no âmbito nacional, estadual e municipal.

O documento destaca que o gerenciamento dos resíduos de construção deve abranger um conjunto de ações diretas ou indiretas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos RCD (SILVA, 2015). Assim, a Resolução CONAMA 307/2012 solicitou ao Distrito Federal e aos municípios brasileiros a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, onde deveriam constar:

- I - Diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa de Gerenciamento de RCC de responsabilidade dos municípios e para os Projetos de Gerenciamento de RCC de responsabilidade dos grandes geradores;
- II - Cadastramento de áreas destinadas ao recebimento, triagem e armazenamento temporário de RCC de pequenos geradores, e destinação posterior às áreas de beneficiamento;
- III - Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento de disposição final dos resíduos;
- IV - Proibição da disposição irregular dos resíduos de construção;
- V - Incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- VI - Definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- VII - Ações de orientação, fiscalização e controle;
- VIII - Ações de educação ambiental visando reduzir a geração e possibilitar a segregação do RCC. (CONAMA, 2002).

Desse modo, a resolução do CONAMA atribuiu responsabilidades tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada (PINTO et al., 2005). Essa determinação exige que o poder público ofereça “uma rede de coleta e destinação ambientalmente correta para os

pequenos geradores, responsáveis por reformas e autoconstruções e incapazes de implementar a autogestão.” (BRASILEIRO e MATOS, 2015, p. 183). Além de requerer das empresas de construção a elaboração de projetos específicos de gerenciamento dos RCD’s, como a “triagem em canteiro de obras, incluindo o uso de transportadores cadastrados e de áreas licenciadas para manejo e reciclagem.” (BRASILEIRO e MATOS, 2015, p. 183).

3.2.1.1 Classificação dos RCD segundo a resolução do CONAMA

Segundo a Resolução de nº 307 de 2002 do CONAMA, os resíduos da construção civil podem ser classificados, de acordo com as suas características, em quatro grupos ou classes: A, B, C e D (BRASIL, 2002). No decorrer dos anos o CONAMA alterou alguns artigos e incisos da Resolução 307/2002 com vista a mudar a classificação de alguns materiais e melhorar os textos anteriores. Baseado nas alterações realizadas, o art. 3º da Resolução nº 469/2015 do CONAMA classifica os resíduos da construção civil em quatro classes específicas, a saber:

- I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
- III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).
- IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04). (CONAMA, 2015, p.3).

A publicação da resolução 307/2002 do CONAMA impulsionou importantes mudanças nas políticas públicas do Brasil, estimulando vários municípios à elaboração e implementação de planos de gerenciamento de RCD, com o fim de promover qualidade de vida, a preservação dos recursos naturais e a ampliação da consciência dos problemas relacionados ao meio ambiente (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

De acordo com Schneider e Philippi Jr (2004), a partir do ano de 2002, ocorreram mudanças bastante relevantes nas políticas públicas do Brasil no que tange a problemática dos RCD, fato que determinou na produção de diversas normas e especificações técnicas que auxiliasse no enfrentamento dos problemas provocados por esses materiais.

3.2.2 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)

A Lei de N° 12.305, de 2 de agosto de 2010, coordenada pelo ministério do Meio Ambiente e sancionada como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); propõe mudanças no manejo e destinação dos resíduos sólidos, além de incentivar a reciclagem e reutilização desses materiais.

Com a aprovação da PNRS os três entes federados (União, Estados e Municípios), o setor produtivo e a sociedade em geral, se uniram na busca de soluções para o problema da gestão de resíduos sólidos, estabelecendo as seguintes metas: “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010, art. 7º).

Por entender que os problemas ambientais envolvem questões sociais e econômicas, que geram impactos para grande parte da sociedade; a PNRS se baseia no princípio de responsabilidade compartilhada (PNRS, 2010, art 3º - inciso XVII), onde os diversos agentes envolvidos na fabricação, distribuição, venda e consumo são responsáveis pelos resíduos gerados (BRASILEIRO E MATOS, 2015). Dessa maneira, a Lei em questão, exige o gerenciamento dos resíduos sólidos dos setores públicos e privados, bem como de toda a sociedade, incentivando o descarte ambientalmente correto de forma compartilhada entre poder público, iniciativa privada e cidadãos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019b). Dessa forma, o art. 10º da PNRS descreve que compete ao:

[...] Distrito Federal e aos municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos [...]. (PNRS, 2010, p.6).

A PNRS apresentou-se como um marco regulatório completo, que dispõe de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relacionadas a gestão integrada de gerenciamento dos resíduos sólidos. Nela se tratam de todos os tipos e classes de resíduos, além de abordar sobre os rejeitos. Brasileiro e Matos, já citados, descrevem que as principais diretrizes da PNRS são:

- Eliminação de áreas irregulares de disposição final de RCD (“bota-fora”) em todo o território nacional;
- Implantação de áreas de transbordo e triagem, de reciclagem e de reservação adequada de RCD em todo o território nacional;
- Realização de inventário de resíduos de construção civil;
- Incremento das atividades de reutilização e reciclagem do RCD nos empreendimentos públicos e privados em todo o território nacional;
- Fomento a medidas de redução da geração de rejeitos e resíduos de construção civil em empreendimentos em todo o território nacional. (BRASILEIRO E MATOS, 2015, p.183).

Como se pode observar a principal meta da PNRS é estabelecer uma hierarquia nas etapas de gerenciamento dos resíduos sólidos através da gestão integrada, ressaltando os perigos ocasionados pelo descarte irregular desses materiais e as responsabilidades dos geradores de resíduos e do poder público. E, para garantir que isso aconteça, a Lei prevê alguns instrumentos como: a coleta seletiva e a reciclagem, a educação sanitária e ambiental, incentivos fiscais e a logística reversa (COSTA et al, 2020).

Além do que já foi exposto, a PNRS também estabeleceu o fechamento dos conhecidos “lixões” (local onde os resíduos sólidos são depositados sem nenhum tratamento); de acordo com a Lei o Brasil deveria substituir esses locais por aterros sanitários até o ano de 2014, destinando para os aterros apenas compostos de matérias orgânicas (BRASILEIRO E MATOS, 2015). Contudo, como a grande maioria dos municípios brasileiros não cumpriram esta determinação até o ano estipulado, principalmente por problemas na execução do plano em tramitação no congresso nacional; foi projetado, para o cumprimento da Lei um prazo final de forma escalonada (até 2018 para cidades grandes e até 2021 para cidades pequenas – com menos de 50 mil habitantes) (COSTA et al, 2020).

Recentemente a PNRS foi atualizada para estipular novas datas para o fim dos lixões, de forma escalonadas conforme o tamanho da cidade. Com a Lei do Novo Marco do Saneamento Básico a nova data limite ficou estipulada para o ano de 2024. Contudo, diversos municípios brasileiros, não conseguiram se adequar às exigências da lei, principalmente pela falta de recursos financeiros e técnicos para a implementação de aterros sanitários adequados e para a criação de planos de gestão de resíduos sólidos. Fica, pois, claro que, apesar dos prazos estipulados e das prorrogações estipuladas pela PNRS, atualmente ainda existem muitos lixões ativos no Brasil.

3.2.3 Normas técnicas Brasileiras

As condições mencionadas anteriormente permitiram que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborasse normas técnicas que possibilitassem a adequação do manejo, beneficiamento e uso dos resíduos das atividades construtivas (CUNHA, 2007). Dessa maneira o Comitê Brasileiro da Construção Civil – COBRACON elaborou, junto a ABNT, diversas normas referentes a gestão dos RCD's, no qual Cunha, 2017 resume da seguinte maneira:

- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15112. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta os requisitos necessários para projeto, implantação e operação de ATTs, classificando os resíduos da construção civil em

classe A, B, C e D; estabelece as condições de implantação quanto ao isolamento, identificação, equipamentos de segurança, sistemas de proteção ambiental e condições para pontos de entrega de pequenos volumes; determina as condições gerais para projeto e as condições de operação.

- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15113. Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação: estabelece as condições de implantação fornecendo critérios para localização, acessos, isolamento e sinalização, iluminação e energia, comunicação, análise de resíduos, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, as condições gerais para projeto e as condições de operação.

- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15114. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta as condições de implantação com os critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos, iluminação e energia, proteção das superfícies, preparo da área de operação, as condições gerais para projeto e condições de operação.

- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos: a norma trata de estabelecer critérios para a execução das camadas de pavimentação com agregados reciclados, apresentando os requisitos que os materiais e equipamentos devem obedecer para execução das camadas, assim como o seu controle tecnológico.

- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos: estabelece os requisitos para o emprego do agregado reciclado destinado à obra de pavimentação viária e obra que utilize o concreto sem função estrutural. (CUNHA, 2007, p.14).

Com base em tudo que foi exposto até aqui fica evidente que para promover a correção dos problemas ambientais gerados pela deposição indiscriminada de RDC; se faz necessária uma gestão diferenciada que envolva os diferentes agentes sociais, desenvolvendo neles a conscientização sobre o uso e descarte racional desses resíduos.

3.2.4 Planos de gerenciamento dos RCD

O gerenciamento de resíduos da construção civil apresenta-se como um instrumento importante para minimizar os danos ambientais causados por este segmento (SILVA, 2015). De acordo com a resolução 469/2015 do CONAMA, artigo 2º, o gerenciamento dos Resíduos sólidos contempla um “conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos [...]” (BRASIL 2015, p. 2).

O 8º artigo do mesmo documento estabelece que “Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos grandes geradores e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação

ambientalmente adequados dos resíduos.” (BRASIL 2015, p. 2). O Conselho destaca ainda que os planos de gerenciamento de RCD abrangem as seguintes fases:

- I - Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- II - Triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;
- III - Acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;
- IV - Transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
- V - Destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução. (BRASIL, 2015).

Convém salientar que a PNRS descreve também que o gerenciamento dos resíduos deve começar na fonte geradora, ficando a cargo dos municípios a cobrança da apresentação dos Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) dos grandes geradores (BORGES et al, 2015).

3.2.4.1 Ações no Estado do Pará

As ações que regem a política de controle sobre os impactos e conservação do meio ambiente no Estado do Pará tem o seu momento inicial na década de 1990, quando foi instituída a lei que “dispõe sobre a criação e o funcionamento do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), órgão estadual responsável pela política do meio ambiente no Estado” (PARÁ, 1990; apud FREIRE, 2010, p.53).

Seguida a esta foi instituída a lei estadual de nº 5.887, de 09 de maio de 1995, que trata sobre “os Princípios Básicos da Política Estadual do Meio Ambiente, consideradas as peculiaridades locais, geográficas, econômicas e sociais [...]” (LEITE, 2019, p, 35).

Posteriormente, no ano de 2006 foi estabelecida a lei Estadual de nº 6918 que dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais, que tem o objetivo de incentivar: o uso de produtos que podem ser reciclados, sua comercialização e industrialização. (FREIRE, 2010).

Além disso, de acordo com Pará (2013, apud FREIRE, 2010, p.28):

A legislação sobre as questões ambientais da gestão dos resíduos sólidos do estado do Pará foi instituída pela Lei 7.731, de 20 de setembro de 2013, onde dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e outras providências (abastecimento de água, Esgotamento Sanitário, Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos, Drenagem e manejo das águas Pluviais Urbanas).

Cardoso, et al. (2020, p.98) escreve que “O órgão responsável pela elaboração de políticas públicas e planos de gerenciamento de resíduos sólidos no Pará é a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (Sedop)”. além disso, destacam que o

órgão responsável pela fiscalização da execução dos planos de gerenciamento e das políticas públicas voltadas para os resíduos sólidos no estado é a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS).

3.2.4.2 Ações na Cidade de Belém

De acordo com Belém (1993, apud Freire, 2010) a legislação que trata sobre os resíduos sólidos na cidade de Belém começou a ser estabelecida através da lei de nº 7603 do ano de 1993 (Plano Diretor da cidade), que discorre sobre os resíduos sólidos e as formas com que devem ser tratados no item IV.

Posteriormente, no ano de 2009, foi criada no Município de Belém a Resolução de nº 79 “que dispõe sobre o Programa Estadual de Gestão Ambiental Compartilhada, cujo objetivo é o fortalecimento da gestão ambiental, mediante normas de cooperação entre os Sistemas Estadual e Municipal de Meio Ambiente.” (FREIRE, 2010, p.60)

Além disso, no ano de 2011 foi instituída a Lei Ordinária Municipal de nº 8899, que trata sobre “o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Belém (PGRS), dispondo sobre seus princípios, diretrizes e objetivos para gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, sob responsabilidade dos geradores e do poder público. (LEITE, 2019, p. 34). Cardoso, et al. explica que:

[...] o plano de gestão de resíduos do município está em desenvolvimento, e nele constarão as diretrizes de coleta seletiva e saneamento básico exigidas na PNRS. No entanto, apesar da inexistência do plano, a Prefeitura de Belém não deixa de agir ao tentar viabilizar a coleta seletiva e isso se dá por meio do Departamento de Resíduos Sólidos (DRES). (CARDOSO, et al., 2020, p.99).

Já Sanjad (2018) explica que as legislações municipais referentes aos resíduos sólidos foram dispostas de forma bastante dispersa e publicadas através de diferentes abordagens. O autor destaca ainda sobre:

[...] a necessidade de revisão das leis ordinárias, pois as mesmas foram promulgadas a mais de dez anos, ou seja, antes da lei 12.305/2010. Portanto, a legislação do município no setor de RS apresenta termos técnicos defasados e orientações de procedimentos operacionais que já foram atualizados na PNRS. (SANJAD, 2018, p. 60).

Apesar de apresentar uma legislação que se soma a PNRS e a resolução 307 do CONAMA, “de acordo com informações fornecidas pela SEDOP, o estado do Pará está atrasado na implementação de políticas públicas de RSU e saneamento”. (CARDOSO, et al., 2020, p.98). Os fatos mencionados acima, por Sanjad nos fazem entender o porquê dessa realidade.

Para tentar evitar o descarte irregular de resíduos, a prefeitura municipal de Belém passou a oferecer o serviço de coleta de resíduos sólidos, que é feita diariamente. Diniz, et al (2021), já citado, destaca que na cidade de Belém do Pará, o órgão responsável pela administração dos serviços de limpeza urbana (coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos), drenagem, terraplenagem, pavimentação de vias e educação ambiental; é a Secretária Municipal de Saneamento (SESAN – atual SEZEL). Já o serviço de limpeza urbana cabe ao Departamento de Resíduos Sólidos – DRES que desenvolve as atividades de:

Coleta seletiva de lixo; Coleta de entulhos e de lixo domiciliar porta a porta; Limpeza mecaniza e coleta através de contêineres; Desobstrução, limpeza e varrição manual de vias; Abertura de valas; Capinação e raspagem de vias e logradouros; Limpeza mecanizada e manual de canais; Desobstrução do sistema de drenagem urbana; Acondicionamento e destino final dos resíduos das feiras livres; Programas de educação ambiental; Gerenciamento do lixão controlado do Aurá; Órgão fiscalizador do comprimento do código de postura do município relacionado ao saneamento. (MAIA E GAIA, 2012 apud DINIZ, et al. 2021, p.4).

Além dos órgãos mencionados a Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS), também auxilia o município na questão do saneamento ambiental, água, esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos (FREIRE, 2010).

Todas essas normas e especificações técnicas fixam, de uma forma geral, padrões reguladores que visam garantir a qualidade dos produtos reciclados provenientes dos RCD, a racionalização da produção, bem como a sua uniformidade (SCHNEIDER e PHILLIPI JR, 2004). Praticamente todas as políticas adotadas com intuito de diminuir o impacto ambiental acarretam a redução na geração de matérias primas. Consequentemente reduz a utilização de aterros, o despejo em depósitos irregulares e o excesso de consumo dos recursos naturais não renováveis (Pinto, 1999).

3.3 USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

De acordo com ABRECON (2015, apud SIQUEIRA, 2018), as usinas de reciclagem de RCD estão entre os destinos ambientalmente adequados para receber os resíduos da construção civil. Cunha (2007) destaca que essas usinas são definidas pela NBR 15114 (ABNT, 2004) como espaço físico constituídos por equipamentos que beneficiam os RCD. Comentando sobre o mesmo assunto, Malheiros (2015, p.17), escreve que essas usinas “são instalações onde se realizam a triagem, a classificação, o processamento dos resíduos e a produção de artefatos.”

A PRS (2014), destaca que as usinas de reciclagem de RCD tem como função a seleção de materiais recicláveis para uma posterior trituração em equipamentos apropriados, gerando um novo material que será classificado segundo a sua composição e granulometria.

3.3.1 Reutilização e reciclagem

A resolução 307/2002 do CONAMA, orienta sobre vários procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, dentre essas diretrizes encontra-se o processo de destinação dos resíduos de classe A e B, que de acordo com Schneider e Philippi Jr:

[...] Os RCD, dependendo da sua classificação, deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; ou deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (SCHNEIDER E PHILIPPI JR, 2004, p.27).

A Reutilização desses materiais, de acordo com a PNRS (2010) se dá através do:

Processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa; (BRASIL, 2010, p.2).

Rosa (2005) destaca que vários países têm aderido a reutilização de RCC devido as oportunidades bastante amplas que estes componentes oferecem aos projetos de edificação, a autora chama atenção para a proliferação de lojas de materiais de construção reciclados em algumas dessas localidades.

Assim como o método de reutilização de resíduos, a reciclagem também é uma alternativa para o enfrentamento dos problemas gerados pelo descarte de lixo no meio ambiente (ROSA, 2005). Esta é uma técnica que visa reaproveitar os resíduos ou materiais beneficiados em alguma finalidade, usando-o como matéria-prima para a produção de um novo produto.

A Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS) conceitua a reciclagem como:

processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa; (BRASIL, 2010, p.2).

Fica, pois, claro que a reciclagem apresenta como finalidade principal o reaproveitamento de materiais e tem como vantagem a diminuição do volume de resíduos dispostos em áreas públicas, amenizando assim a pressão sobre o meio ambiente. “Na indústria da construção civil, esse conceito traduz-se na transformação de resíduos de concreto, asfalto, cerâmicas e outros tipos de RCC em materiais a ser incorporados em obras novas ou no próprio projeto que os originou.” (ROSA, 2005, p. 58).

No quadro a seguir, listamos alguns produtos utilizados na construção civil e as suas opções de reuso ou reciclagem.

Produto	Alternativas de reciclagem
Aço	Possui boas condições para ser reciclado, porém, só pode ser realizado em escala industrial, elevando o consumo de energia, sua logística e local para armazenamento são muito custosos. Dessa maneira é mais viável seu reuso.
Vidro	O vidro também pode ser reciclado de maneira industrial, porém, não consome tanta energia, se comparamos com a usada para sua fabricação, podendo ser reciclado quantas vezes necessário, mantendo suas características. O maior problema é causado pela presença de filmes e películas. Para remover a presença desses elementos é necessário o uso de produtos químicos que são prejudiciais.
Madeira	Madeira pode ser reciclada, virando compensado, pelo processo de moagem ou conversão de lascas e, posteriormente passar por um processo de formação do compensado. Muito usado em painéis e móveis.
Entulho (areia, cimento, concreto, aço, blocos e tijolos)	• Demolição: O ideal para essa situação é planejamento para diferenciar os resíduos, minimizando chances de contaminação e/ou misturas com outros tipos de materiais. • Construção: Para se construir muitas vezes ocorre elevada geração de resíduos, porém, é menor se comparado com a demolição. Havendo a mesma necessidade de ser alocado em diferentes locais apropriados para serem reciclados. A reciclagem começa após a distinção, seguida pela eliminação de contaminantes e materiais de natureza metálicos, por meio de imãs, seguido da britagem. Esse processo de britagem que consiste em fracionamento de entulho, até se transformar em agregado reciclado.

Quadro 2: Produtos utilizados na construção civil e suas alternativas de reciclagem.

Fonte: ALVES et al. (2015, p.9).

Por apresentar um elevado potencial de reaproveitamento, a reciclagem de RCD possibilita a produção de novos materiais e o aperfeiçoamento de outros elementos que geralmente auxiliam na produção de blocos de concreto, contra pisos e camadas drenantes, por exemplo.

De modo geral, a reciclagem torna-se uma excelente alternativa de auxílio no combate aos impactos causados pelos RCD, essa prática apresenta inúmeras vantagens técnicas, econômicas, políticas, sociais e ambientais como:

Redução no consumo de recursos naturais não renováveis; redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem; redução do consumo de energia durante o processo de produção; reduções da energia utilizada para extração e transporte dos materiais aos centros consumidores; redução da poluição; possibilidades de melhoria no trânsito da região pela diminuição do transporte dos materiais virgens aos centros consumidores; geração de emprego e renda e melhoria no âmbito social com uma nova e ampla cadeia produtiva no mercado de trabalho. (PASCHOALIN FILHO Et al., 2014, p.8).

A PRS (2014), destaca que a reciclagem dos RCD oferece ao construtor economia ao executar sua obra, uma vez que os materiais reciclados são bem mais baratos; gera economia para as prefeituras em decorrência da diminuição do volume de resíduos a ser coletados; auxilia na qualidade de vida e minimiza a quantidade de áreas para o descarte de resíduos. Além disso, “a reciclagem de RCD contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros,

especialmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição.” (BRASILEIRO E MATOS 2015, p. 183).

Nesse contexto, a reciclagem de RCD se torna fundamental para implementar um modelo de desenvolvimento sustentável, definido por leis que apresentem um conjunto de ações diretas e indiretas, desempenhadas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final desses materiais. Manfrenato et al. (2008), escreve que a reutilização de agregados por meio da reciclagem de RCD consiste em uma das formas mais simples de seu reaproveitamento.

Desse modo, a implantação de uma usina de reciclagem de RCD pode gerar um retorno financeiro relativamente alto, criando a oportunidade de transformação de uma fonte de despesa para uma fonte de faturamento; já que, uma vez reciclados, esses resíduos se tornam um importante insumo para o processo produtivo, com um valor econômico agregado (FREITAS, 2009). Convém salientar que existem vários tipos de planta para as usinas de reciclagem, cada uma com características próprias, disposta a atender diferentes tipos de empreendimento.

3.3.2 Tipos de plantas das usinas de reciclagem de RCD

As Usinas de reciclagem de RCD são classificadas de acordo com a sua mobilidade. Sobral (2012) destaca que existem basicamente três tipos de plantas para usinas de resíduos da construção civil que são: Plantas Móveis, Plantas Semimóveis e Plantas Fixas. A escolha por um desses modelos se faz de acordo com a capacidade, necessidade ou aplicação da usina. Destacaremos a seguir cada uma delas.

3.3.2.1 Usinas com planta móvel

Esse tipo de usina tem como característica uma mobilização constante e podem ser realocadas facilmente, além de apresentar um tempo mínimo de montagem e utilizar pouca mão de obra. Essa tipologia pode ser utilizada em qualquer espaço físico (SIQUEIRA, 2018). Jadoviski (2005) destaca que:

[...] As plantas móveis não necessitam obras civis, podendo ser realocadas facilmente, utilizam pouca mão de obra (4 operários), necessitam de pouco tempo de instalação e desinstalação (aproximadamente 4 horas) e podem ser dispostas junto ao depósito do material a ser britado, diminuindo a distância de transporte do material de demolição até a planta de reciclagem. (JADOVISKI, 2005, p. 59).

A usina de planta móvel é composta de três componentes: um caminhão Roll On Roll Off, uma britadeira móvel e uma Peneira Rotativa Móvel atracada no caminhão

(TELEDETRITUS, 2020). O processamento dos resíduos sólidos nessas usinas é feito por equipamentos que são montados sobre rodas, não havendo necessidade de obras civis.

A PRS (2014) escrevendo sobre as usinas com planta móvel acrescenta:

Entre as vantagens das usinas móveis, podemos citar: Sua mobilidade torna o empreendimento extremamente competitivo; Pode atuar em um ponto fixo ou atender obras diretamente no local; Diminui custos de logística e construção de fundamento de base; Alta capacidade de adaptação geográfica do mercado; Versões a diesel ou energia elétrica; Pode ser locada completamente por empresas do setor; Alta capacidade de processamento. (PRS, 2014).

A instalação desse tipo de usina é indicada para empreendimentos que precisam fazer a realocação do equipamento com frequência, como exemplo, as empresas de demolição. (COELHO, 2014).



Figura 2 - Usina Móvel

Fonte: Portal Resíduos Sólidos (2014)

Convém, no entanto ressaltar que as usinas de reciclagem com planta móvel, são geralmente menores e apresentam uma baixa produtividade.

3.3.2.2 Usinas com planta semimóvel

As usinas com plantas semimóveis possuem suas instalações montadas sobre estruturas metálicas, o que facilita a remoção e permite a eventual realocação dos seus equipamentos. Jadoviski (2005, p.58) destaca que “As principais características das usinas com instalações semimóveis são a sua construção sobre bases de estrutura metálica, a baixa altura (facilita a montagem e manutenção e diminui o comprimento das correias transportadoras intermediárias) e a simplicidade de instalação”.



Figura 3 – Central dosadora de concreto - Usina Semimóvel

Fonte: Lintec-ixon (2014).

As usinas semimóveis são recomendadas para empreendimentos de curto e médio prazo. As plantas desse tipo de usina possuem “o menor investimento e a rapidez na montagem, o que viabiliza um projeto com menores recursos financeiros e pensamento em médio prazo.” (COELHO, 2014, p.22).

3.3.2.3 Usinas com planta fixa

Segundo Jadoviski (2005, p.58), “As usinas com planta fixa são empregadas em empreendimentos de localização definitiva, tais como pedreiras, minerações e fábricas de cimento”. “Tais plantas suportam equipamentos maiores e mais potentes que possibilitam melhor processo de britagem, retirada de impurezas e peneiramento consequentemente um maior poder produtivo.” (COELHO, 2014, p.22).

O Portal de Resíduos Sólidos (2014) escreve que essas usinas “são construídas em terrenos com área que variam em função da sua capacidade de processamento. Ou seja, quanto maior a capacidade, maior será a área necessária para se construir”. Porém, a instalação desse tipo de usina requer um alto investimento inicial e a disponibilização de uma grande área para a sua instalação.



Figura 4 - Usina Fixa

Fonte: Portal Resíduos Sólidos (2014)

Cairns et al. (1988, apud Jadoviski, 2005), descreve que:

As principais vantagens desse tipo de planta de reciclagem são a possibilidade de obtenção de produtos reciclados mais diversificados e de melhor qualidade que os produzidos pelas plantas móveis e, em segundo lugar, a possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais potentes que possibilitam melhor processo de britagem, retirada de impurezas e peneiramento que os equipamentos utilizados em plantas móveis. Como desvantagens, este tipo de planta necessita de altos investimentos e de disponibilização de grande área, cerca de 50.000 m², para instalação da planta de processamento. (JADOVISKI, 2005, p.58).

Em suma, as usinas fixas são as versões mais econômicas e mais aceitáveis para um empreendimento (PRS, 2014). Contudo, apresentam como desvantagens a necessidade de um elevado investimento inicial para sua implantação e a limitação em relação a competitividade comercial.

3.3.3 Equipamentos de uma usina de reciclagem de RCD

Jadoviski (2005) destaca que os equipamentos utilizados nas usinas de reciclagem são adaptações daqueles provenientes do setor de mineração. Na maioria das usinas, o conjunto de maquinários é composto por britadores, moinhos, peneiras e outros dispositivos auxiliares como os alimentadores, esteiras, extratores magnéticos e lavadores. Além desse conjunto de ferramentas, as usinas de reciclagem também necessitam de uma pá carregadora ou de uma retro escavadeira, para fazer o espalhamento e carregamento dos resíduos, e caminhões basculantes.

Segundo Cunha (2007, p.133), esses “[...] equipamentos desempenham um importante papel na produção dos reciclados: as escolhas dos equipamentos de produção levam em consideração o porte da usina, o layout e a disponibilidade de recursos financeiros”. Convém salientar que o planejamento dos maquinários e das operações realizadas nas usinas poderá garantir a elas o máximo de rendimento em seu processo de produção, uma vez que, para apresentar eficiência, esses equipamentos precisam ser planejados de modo a atender todas as suas necessidades. A seguir descreveremos alguns equipamentos utilizados nas usinas de reciclagem de RCD e as suas principais funções.

3.3.3.1 Alimentadores

São equipamentos adaptados que tem a função de alimentar as câmaras de britagem facilitando o escoamento da matéria prima (CUNHA, 2007), os alimentadores possuem dimensões que variam de acordo com as características das usinas, e devem ser regulados de acordo com a capacidade do britador e em função daquilo que se deseja produzir.

3.3.3.2 Britadores

Segundo Siqueira (2018, p.44), esses são “os equipamentos mais importantes em uma usina de reciclagem de RCD, determinando a maior parte das propriedades dos agregados produzidos”. Estes equipamentos definem a capacidade das usinas e utilizam energia mecânica para gerar impacto, cisalhamento e compressão, assim, transformam os materiais grandes e duros em pedaços menores (COELHO, 2014).

Existem diversos tipos de britadores dentre os quais estão: Os de mandíbulas, os giratórios e os rebritadores hidráulicos, de cones e de rolos. Segundo Malheiros (2015, p.26) “No mercado existem britadores de diferentes características e capacidades de processamento, normalmente de 20t/h, 30t/h, 50t/h e outros de 100t/h”. Esses equipamentos podem ser ajustados para produzir agregados de diferentes diâmetros, gerando desse modo fragmentos com granulometrias variadas.



Figura 5 – Britador com alimentador vibratório

Fonte: YLS

3.3.3.3 Moinhos

Segundo Coelho (2014, p.29) Esses equipamentos “são geralmente empregados na britagem secundária ou intermediária. Utilizam se do impacto e da fricção e às vezes da compressão para realização do trabalho”. Julian; Warren (1981, apud Coelho 2014) escreve que os principais tipos de moinhos são: moinhos de martelos e de impacto, moinho de bolas e moinho de barras.



Figura 6 – Moinho de martelo

Fonte: LIPPEL

3.3.3.4 Transportadores de correia

Esses equipamentos tem a função de transportar a matéria-prima que sai do britador. Jadovisk (2005, p.79) destaca que “As correias transportadoras podem ter diversos acessórios, conforme o tipo de serviço a que se destinam”. Segundo Siqueira (2018, p.47), os transportadores de correia “são compostos por roletes, tambores, acionadores, esticadores, estrutura metálica e acessórios”. Cunha (2007, p.55) escreve que “Seu funcionamento ocorre pelo acionamento do motor elétrico, que transmite a potência necessária para o tambor, movido por intermédio de correias, fazendo que as rotações produzidas movimentem a correia continuamente”.



Figura 7 – Transportadora de correia

Fonte: ABECOM

3.3.3.5 Separadores magnéticos

São imãs posicionados acima dos transportadores, estes equipamentos são responsáveis pela retirada dos metais ferrosos que permanecem das etapas anteriores da britagem.



Figura 8 – Separador magnético suspenso

Fonte: Metalmag

3.3.3.6 Peneiras

São utilizadas para fazer a separação das partículas sólidas. Esses equipamentos separam os agregados reciclados e os classificam de acordo com a sua granulometria. Segundo Cunha (2007, p.56), “Esse equipamento classifica os agregados reciclados. É constituído por caixa metálica, com telas, motor elétrico, eixo excêntrico e correias trapezoidais”. Dentro de uma usina as peneiras são diversificadas e adaptadas de acordo com as suas necessidades. Dentre os diferentes tipos de peneira temos a: Peneira fixa, vibratória, rotativa ou de tambor.



Figura 9 – Peneira vibratória

Fonte: YLS

3.3.3.7 Grelhas

Segundo Jadovisk (2005, p.78), “As grelhas são usadas para a alimentação de britadores e rebritadores, onde a quantidade de pedras finas e terra é muito grande, permitindo um melhor aproveitamento dos equipamentos”. Já Cunha (2007, p.55) escreve que “A grelha faz uma pré-classificação, ou seja, uma separação prévia do material fino”.

3.3.3.8 Lavadores

Segundo Stolz (2008, apud Coelho 2014), os lavadores são utilizados para remoção de materiais indesejáveis, principalmente argila e partículas superfinais. Siqueira (2018, p. 48) escreve que esse equipamento “É aplicado também na classificação de materiais finos e úmidos, cujo peneiramento é extremamente difícil sem o emprego da lavagem”.

A mesma autora destaca que além dos equipamentos citados acima, as usinas de reciclagem ainda precisam de: “Rompedores hidráulicos; tesouras trituradoras, que são usadas na demolição de concreto e cortes de vigas de aço; pulverizadores; utilizados para reduzir o tamanho dos blocos de concreto e separar as barras de aço; pá-carregadeira ou retroescavadeira e caçamba” (SIQUEIRA, 2018, p.48).

3.3.4 Etapas de operação de uma usina de RCD

O processo de operação das usinas de reciclagem de RCD se divide em duas partes: triagem e trituração e podem ser generalizados pelas atividades de: descarga, triagem e segregação, alimentação do sistema, britagem e peneiramento. Sobral (2012) destaca que a recepção do entulho é a primeira etapa do processo de reciclagem nas usinas de RCD. Nessa etapa, o entulho trazido pelos caminhões de coleta é pesado na balança e depois é encaminhado para o pátio de recepção onde será depositado.

Logo em seguida acontece o processo de triagem e segregação, que consiste na separação e classificação dos resíduos, a fim de obter-se um material com boas características no final do processo (SILVA, 2014). Cunha (2007) destaca que:

Nesses pátios de descarga, são realizadas as etapas de triagem e segregação; os resíduos, ao serem descarregados, são espalhados pela pá carregadeira, auxiliando as pessoas que executam a tarefa de separação e retirada dos rejeitos, que são acondicionados e encaminhados para comercialização. Dessa forma, tem-se a matéria-prima dos reciclados, que são os resíduos das atividades construtivas com o mínimo de rejeitos. (CUNHA, 2007, p. 134)

Os materiais segregados são classificados por classes. Armazenados em locais separados esses produtos poderão ser comercializados ou encaminhados para outras destinações em atendimento as normas vigentes. A PRS (2014), destaca que depois de feita a triagem:

A destinação deste lixo que é separado varia de acordo com a sua classe. Todo entulho da classe B, é separado e pode ser comercializado ou mesmo reciclado. Por exemplo, a madeira pode ser triturada e usada em olarias e/ou padarias, já o plástico é encaminhado para as usinas de reciclagem local. Os lixos da classe C e D serão encaminhados para o aterro sanitário. (PRS, 2014, p.19)

Após a etapa de triagem, os resíduos da classe A são depositados por uma pá carregadeira no alimentador do britador onde, por vibração são deslocados para a câmara de britagem. Nessa câmara o material é esmagado por equipamentos como: britadores de mandíbulas, britadores de impacto ou por moinhos de martelo. Ao final desse processo o material é transformado em fragmentos de tamanhos e formas variáveis, conforme o tipo e a regulagem do britador (CUNHA, 2007).

Na saída do britador os resíduos são depositados em esteiras que os transportarão até os separadores magnéticos, estes têm a função de remover os metais que permanecem nos fragmentos da matéria prima depois de britada (SILVA, 2015). Após essa etapa os fragmentos britados já poderão ser utilizados na produção de “bica corrida” ou passarão por mais um estágio: O peneiramento, processo que consiste na deposição do agregado, com granulometria variada, na caixa de entrada da peneira; que por meio dos seus movimentos realiza a classificação desse material dentro de quatro faixa de granulometria. Da peneira, cada uma das frações é transportada para o seu respectivo pátio de estocagem por meio de uma esteira transportadora.

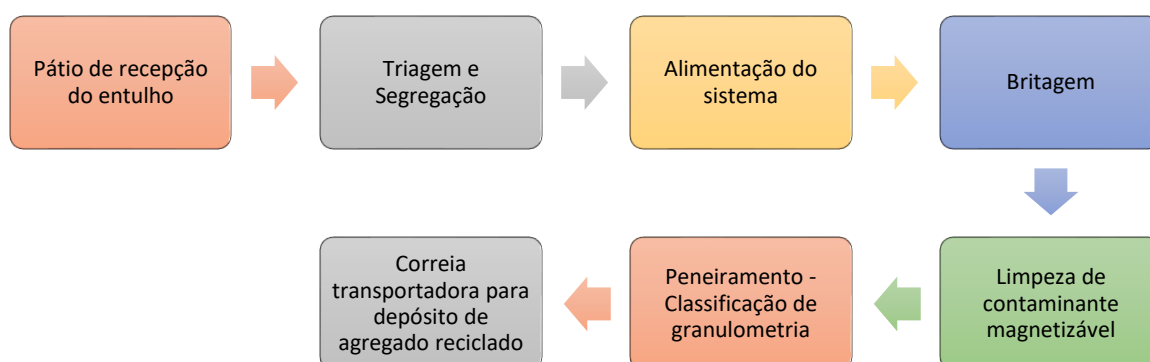


Figura 10 – Fluxograma das etapas de operação das Recicladoras de RCD

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3.3.5 Materiais produzidos no processo de beneficiamento dos RCD

A maioria dos produtos gerados nos canteiros de obra e nos processos de demolição, são compostos por restos de argamassas, tijolo, alvenaria, concreto, cerâmica, gesso, madeira, metais e etc. (BRASILEIRO E MATOS, 2015). Estes produtos, se enviados para uma usina de reciclagem poderão ser transformados em diferentes tipos de materiais. O resultado de todo processo de beneficiamento de RCD se dá através da produção de agregados (areia, bica corrida, pedra, pedrisco e rachão).

A resolução nº 307 do CONAMA conceitua como agregado reciclado todo: “material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.” (CONAMA 2002, p.2).

Existem muitos estudos acerca da viabilidade técnica do uso de agregados reciclados no processo construtivo. Essas investigações revelaram que vários fragmentos de materiais de construção podem ser reciclados como exemplo: componentes cerâmicos; blocos de concreto; fragmentos de concreto armado; restos de lajes e pisos etc. Brasileiro e Matos (2015) escrevem que depois de reciclados, esses resíduos podem ser utilizados em diversos serviços de engenharia:

Dentre as várias possibilidades, a reciclagem de RCD pode ser aplicada para diversos fins, tais como: camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, fabricação de concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, meio-fio, dentre outros), camadas drenantes, etc. (BRASILEIRO e MATOS, 2015, p.184).

Fernandes e Teixeira (2006), destacam que os resíduos gerados pela construção civil, se reciclados de maneira correta, oferecem características iguais ou melhores que os materiais originais. Já Fernandes (2015, p. 30) escreve que “A maior vantagem do resíduo reciclado é que o mesmo pode substituir em grande parte os agregados naturais, na produção de concreto, blocos e pavimentação.”

No quadro a seguir apresentamos um pequeno resumo sobre os materiais gerados através da reciclagem de RCD, sua composição, bem como as suas características e benefícios.

Material	Composição/ características	Benefícios
Areia	Este material é proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto, é composto por sobra de areia natural, apresenta a dimensão máxima inferior a 4,8 mm e é isento de impurezas.	produção de argamassa de assentamentos, blocos e tijolos de vedação, contrapisos, solo-cimento.
	Este material é proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. Apresenta dimensão de 6,3 mm, é isento	Aplicado na fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, como mesas e bancos de praça, pisos intertravados, manilhas de esgoto.

Pedrisco	de impurezas, e é composto por tijolo branco e cerâmicas, tais como: bloco, telha, azulejo, revestimento, tubulação e louça.	
Brita	Este material é proveniente da sobra de rocha natural, das sobras de concreto e das peças pré-moldadas de concreto. Apresenta uma dimensão máxima inferior a 39 mm, é isento de impurezas.	Indicada para obras de drenagem e produção de concretos não-estruturais.
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Usada como base e sub-base de pavimentação, reforço e subleito de pavimentos e regularização de vias não-pavimentadas, aterro e reparação topográfica de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Indicado para obras de pavimentação, drenagem e terraplanagem.

Quadro 3 – Materiais gerados através da reciclagem de RCD.

Fonte: Adaptado de (PRS, 2014).

Diante do exposto, fica clara a importância das usinas de reciclagem de RCD, uma vez que estas, além proporcionar a redução dos impactos ambientais causados pela indústria da construção civil, ainda se apresentam como uma opção viável para a reinserção dos resíduos gerados por esse setor na cadeia produtiva; permitindo que todo o material gerado nas obras de construção e demolição sejam separados, beneficiados e reincorporados no mercado.

3.4 ESTUDO DE CASO DE USINAS DE RCD

De acordo com Melo e Frota (2014 apud ALVES et al, 2015), a reciclagem de resíduos da construção civil teve início na Europa, após a 2ª guerra mundial. Os autores destacam que o pós guerra deixou um cenário de destruição de prédios e casas, fato que acabou criando a necessidade de reconstrução das cidades devastadas pelas batalhas. Para reverter esta situação as cidades europeias reutilizaram os resíduos sólidos ali presentes (gerados pelos efeitos dos combates) em seu processo de reconstrução. Concordando com o que foi escrito, Levy e Helene (2002) destacam:

[...] a primeira aplicação significativa de entulho reciclado, só foi registrada após o final da 2ª Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e o escombros ou entulho resultante, foi britado para produção de agregados visando atender à demanda na época. Assim, pode-se dizer, que a partir de 1946 teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil. (LEVY e HELENE, 2002, p.7).

Desde então a gestão e reciclagem de RCD na Europa têm sido referência para muitos países, inclusive para os que não pertencem ao continente europeu. Na década de 1980 a redução e reciclagem dos resíduos da construção e demolição passaram a ser objeto de atenção

especial na Europa e nos Estados Unidos. Como efeito disso, vários países começaram a implementar diversas políticas públicas com o objetivo de reduzir o descarte dos RCD. (SCHNEIDER e PHILIPPI JR, 2004).

Segundo Bohnenberger, et al. (2018), a meta global da união europeia para o continente era a reciclagem de 70% dos seus RCD até 2020. Já Angulo (2005) afirma que no cenário internacional encontramos países tais como a Alemanha, Dinamarca, Holanda e Suíça, que reutilizam e reciclam entre 50% e 90% do RCD gerados.

Diante desses fatos fica fácil perceber o esforço que muitos países têm demonstrado para aperfeiçoar os processos industriais de manejo e aproveitamento dos resíduos de construção. Escrevendo sobre o assunto, Brasileiro e Matos (2015) destacam:

Pesquisadores de todo o planeta disponibilizam dados quanto à quantidade de RCD gerado, legislações empregadas com o intuito de minimizar e prevenir a geração de RCD e aplicabilidades dos resíduos reciclados nos mais diversos ramos do setor construtivo, de forma a promover o seu retorno à cadeia da construção. (BRASILEIRO e MATOS, 2015 p. 178).

Contudo, as práticas de gestão dos RCD não são um consenso entre os países. Os acordos existentes entre eles apresentam-se apenas em forma de políticas individuais como exemplo dos Estados Unidos, Canadá e Japão que admitem soluções particulares as suas especificidades regionais (MELO, 2011). Tratando sobre o assunto, Cunha (2007, p.10), destaca que “A reciclagem dos resíduos é aceita mundialmente, e de forma lenta começa a ser colocada em prática no Brasil pela implantação de Usinas de Reciclagem.”

3.4.1 Usinas de RCD no Brasil

Segundo Cardoso, et al. (2014), os estudos sobre a caracterização e quantificação dos RCD no Brasil iniciaram em meados de 1980. Pinto (1999) afirma que na década de 1990 o país deu início a estudos sistematizados e a ensaios sobre a reciclagem desse tipo de material. O autor destaca em seu trabalho que:

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição no Brasil é bastante recente, mas vem chamando a atenção dos gestores urbanos pelas possibilidades que apresenta enquanto solução de destinação dos RCD e solução para a geração de produtos a baixo custo. (PINTO 1999, p. 93).

As primeiras usinas de reciclagem instaladas no Brasil se localizaram em São Paulo, Londrina, e Belo Horizonte (MIRANDA, ÂNGULO e CARELI 2009). Cunha (2007) destaca que o município de São Paulo foi o marco inicial das usinas de reciclagem no hemisfério sul. Com a sua implantação em 1991, a usina de São Paulo visava direcionar e destinar

adequadamente os RCD's gerados no município, esta central de tratamento tinha a capacidade de produção de 100 toneladas de entulho por dia (MELO, 2011).

Contudo, depois de várias interrupções em seus processos de operação, o encerramento de suas atividades se deu em pouco tempo, no ano de 2002, principalmente por conta da distância existente entre ela e os geradores de matéria prima (CUNHA, 2007). A usina de São Paulo finalizou suas atividades sem que pudesse alcançar a capacidade máxima de produção (NUNES, 2004).

Em seguida, no ano de 1994, foi instalada uma central de moagem de entulhos em Londrina-PR. Segundo Cunha (2007, p.32) “o material moído era utilizado para produzir tijolos, com uma produção superior a 1000 tijolos por dia, destinado a construção de casas populares.” Porém, Assim como a usina de São Paulo, esta central não teve o efeito esperado devido aos erros de planejamento que acabaram afetando o fornecimento de matéria prima, impedindo que a usina conseguisse operar com o máximo da sua capacidade, a ausência de insumos resultou na ociosidade da central de moagem de entulhos (CUNHA, 2007).

Do mesmo modo, no ano de 1995, foi inaugurada em Belo Horizonte (MG) uma central de reciclagem de RCD com capacidade de processamento de cerca de 120 toneladas por dia (CUNHA, 2007). Essa central teve origem no Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho do ano de 1993. Em seu processo de concepção foram elaboradas diversas ações específicas para a captação e reciclagem de RCD.

Estudos anteriores a sua concepção demonstraram a necessidade de quatro centrais de reciclagem no município e uma rede de recebimento de pequenos volumes de entulho (URPV's), que seriam paulatinamente implantadas em zonas estratégicas da cidade (ROSA, 2005). As Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) são centros de captação, classificação e direcionamento de RCD's e de outros resíduos volumosos. Nesses locais são feitas a separação dos resíduos segundo a sua natureza.

Miranda, Angulo e Careli (2009) destacam que as usinas instaladas no município de Belo Horizonte foram: a usina de Estoril, inaugurada no ano de 1994, com uma área de 8.000 m² e capacidade de processamento de 30 toneladas por hora; a segunda foi a usina da Pampulha, instalada no ano de 1996, com uma área de 12.000 m² e capacidade de processamento em torno de 20 toneladas por hora, e a usina da BR 040 que foi inaugurada em 2006, com capacidade para 40 toneladas por hora.



Figura 11 – Usina de RCD Pampulha (Belo Horizonte).

Fonte: PMBH (2003 apud Nunes 2004)

Rosa (2005) aponta o Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho de Belo Horizonte como uma das primeiras iniciativas brasileiras voltadas ao manejo e gestão adequados de RCD. E, ainda que não tenha sido o primeiro município brasileiro a adotar o programa de reciclagem desses resíduos, a cidade de Belo Horizonte se tornou uma referência na gestão desses materiais, assim como na administração de outras parcelas de Resíduos Sólidos Urbanos (PINTO, 1999).

A autora descreve ainda que a eficiência dessas usinas foi tão grande, ao ponto de levá-las a uma posição de destaque nacional e internacional: a central foi premiada pela Fundação Getúlio Vargas e pela Fundação Ford em 1996, como a melhor experiência de gestão municipal brasileira, sendo apontada por revistas, publicações científicas e telejornalismos como um modelo a ser seguido pelas prefeituras de todo o país.

Após as primeiras experiências com o tratamento dos RCD no Brasil, várias cidades Brasileiras aderiram às usinas de reciclagem de resíduo como forma sustentável de destinação desses materiais (MALHEIROS, 2015). Miranda, Ângulo e Carelli (2009) salientam que o Brasil contava com apenas 16 usinas de reciclagem até o ano de 2002; e que “Após a publicação da resolução de nº 307 do CONAMA e do exemplo de gestão pública bem-sucedida de Belo Horizonte, essa taxa de crescimento aumentou (de três a nove usinas instaladas por ano).” (MIRANDA, ÂNGULO e CARELLI, 2009, p. 63).

O quadro a seguir apresenta as usinas de RCD inauguradas no Brasil até o ano de 2002.

Município	Início/ atividade
São Paulo / SP	1991
Ribeirão Preto / SP	1996
S.J. dos Campos/ SP	1996
Piracicaba / SP	1997
Vinhedo / SP	2001
Guarulhos / SP	2002
Ribeirão Pires / SP	2002
S.J. do Rio Preto	-
Belo Horizonte / MG - Estoril	1995
Belo Horizonte / MG- Pampulha	1996
Londrina / PR	1994
Brasília / DF - Aterro / Jóquei	2001
Brasília / DF - Ceilândia	2001
Macaé / RJ	2000

Quadro 4 – Centrais de reciclagem de RCD existentes no Brasil até o ano de 2002.

Fonte: Adaptado Nunes (2004)

Segundo os dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (2016), até o ano de 2015 o Brasil contava com pelo menos 310 usinas em diferentes regiões do país. Quanto a forma de layout a pesquisa salienta que dessas usinas 74% eram fixas, 21% móveis e 5% fixas e móveis.

Apresentaremos a seguir dois modelos de usina de RCD instaladas no Brasil, pós resolução 307 do CONAMA, uma localizada em Petrolina – PE e outra em Porto Velho – RO.

3.4.1.1 Usina de RCD em Petrolina – PE

A grande geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) na cidade de Petrolina levou a prefeitura do município a instituir um plano de gerenciamento desses materiais, que teve como principal objetivo, minimizar os impactos ambientais na região. Santos (2008) destaca em seu estudo que a deposição irregular de RCD no município era bastante comum em vários pontos da cidade.

Em virtude dos fatos mencionados, os gestores municipais de Petrolina perceberam a necessidade de criação de critérios para o atendimento da resolução nº 307/2002 do CONAMA e da PNRS (SANTOS, 2008). O Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (2019) da Prefeitura de Petrolina, descreve que:

As regras para os devidos processos de armazenamento, acondicionamento, coleta e transporte, tratamento, triagem e reciclagem e destinação final dos resíduos sólidos gerados no município foram elaboradas com base em normas ABNT e legislação ambiental vigente. (SEINFRA, 2019, p.195).

Nesse contexto, a prefeitura de Petrolina disponibilizou, em caráter exclusivo de concessão, por um período de 20 anos, uma área com cerca de 22 hectares, para a instalação da

Central de Tratamento de Resíduos de Petrolina (CTRP). Essa região, anteriormente conhecida como Raso da Catarina, foi por muito tempo utilizada como local para extração de areia e de materiais destinados à construção civil, a remoção desses materiais contribuiu para a formação de grandes crateras no sítio, isso favoreceu a poluição do espaço que passou a ser utilizado como área de deposição ilegal dos resíduos sólidos urbanos do município (SEINFRA, 2019).



Figura 12 – Vista panorâmica do Raso da Catarina.

Fonte: CTR Petrolina (2006 apud PAULA, 2010).

Paula (2010) destaca que foram retirados do local mais de 700.000 m³ de material, formando uma depressão que atingiu 10 m de profundidade. De acordo com Freitas (2014) a (CTRP) teve o objetivo de promover a remediação da área do Raso da Catarina e a finalidade de gerenciar adequadamente alguns tipos específicos de resíduos sólidos produzidos no município.

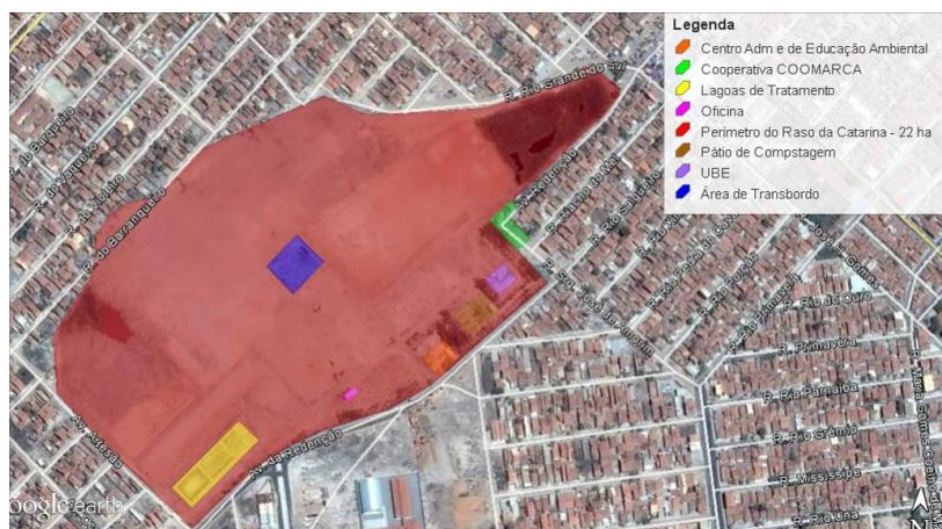


Figura 13 – Área de recuperação ambiental e de transbordo - Petrolina.

Fonte: Google Earth (2017 apud SEINFRA, 2019).

Inerente ao plano de minimização de impactos ambientais causados pela geração de RCD, instituído pelo município de Petrolina – PE, estava a construção de uma Usina de Beneficiamento de Entulhos (UBE) na cidade. Paula (2010) destaca que o projeto dessa Usina teve o objetivo de disciplinar e minimizar o impacto ambiental causado por deposições de resíduos sólidos de maneira irregular no município.

A Secretaria Municipal de Infraestrutura, Mobilidade e Serviços Públicos de Petrolina (SEINFRA) destaca que:

Desde 2008, a CTR Petrolina possui em suas instalações uma Usina de Beneficiamento de Entulho (UBE). A unidade apresenta um maquinário capaz de transformar o entulho em agregados de quatro tamanhos diferentes. Após o processo, os materiais são integrados na fabricação de blocos intertravados, utilizados em praças e calçadas do município. (SEINFRA, 2019, p.86).

Freitas (2014) escreve que as atividades realizadas na UBE para obtenção do agregado são caracterizadas como reciclagem secundária. Destaca ainda que o processo de reciclagem da usina é realizado de acordo com as seguintes etapas:

[...] recepção e análise visual dos resíduos recebidos; disposição em áreas para triagem e retirada de contaminantes dos resíduos; pré-classificação no alimentador vibratório, britagem, retirada de contaminantes magnetizáveis após a britagem e a separação por meio de peneiras vibratórias em pilhas de agregados reciclados peneirados. (FREITAS, 2014, p. 14).

A usina de reciclagem de RCD, instalada em Petrolina, nos limites do antigo lixão do município, foi a primeira usina do Estado de Pernambuco. Com uma área de aproximadamente 7500 m² a UBE tem a capacidade de processamento de 20 toneladas por hora (SANTOS, 2008). A figura a seguir representa o layout da UBE Petrolina

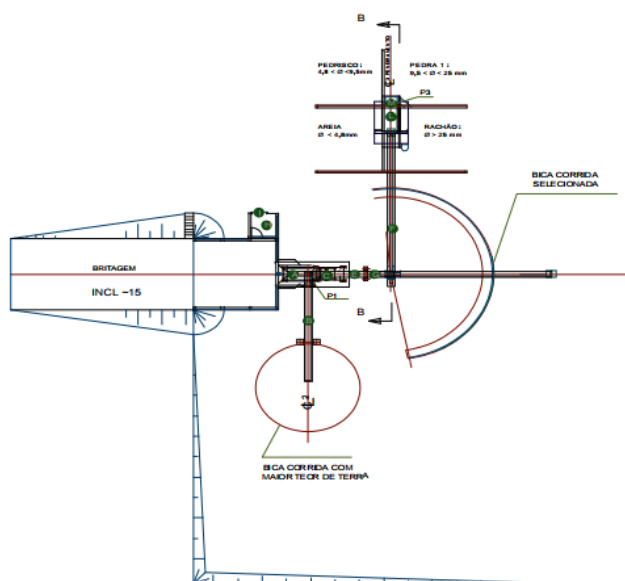


Figura 14 – Layout da usina de beneficiamento de RCD de Petrolina
Fonte: PAULA (2010).

Nas figuras seguintes, são destacadas as fachadas e o maquinários da UBE Petrolina.



Figura 15 – Fachadas: Oeste, Sul, Leste e Norte da UBE de Petrolina

Fonte: CTR Petrolina apud Paula (2010).



Figura 16 – Máquinas da UBE de Petrolina em operação

Fonte: CTRP (2012 apud FREITAS 2014).

Santos (2008) explica que os resíduos de construção beneficiados pela UBE são utilizados como agregados em pré-moldados para a construção civil, de argamassas e concretos; e principalmente como base e sub-base para pavimentação de ruas e estradas. Freitas (2014) salienta que, a depender do grau de heterogeneidade, esses produtos reciclados são utilizados na confecção de blocos de concreto, que posteriormente serão empregados na pavimentação de praças e calçadas ou em aplicações em que não se exija um produto com alta resistência.

3.4.1.2 Usina de RCD em Porto Velho – Rondônia

A Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) do estado de Roraima destaca que o conceito de destinação final de resíduos, descrito pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), abre um leque de opções para as formas de destino desses sedimentos, tais como: unidades de triagem, pontos de entrega voluntária, unidades de compostagem, áreas de triagem e transbordo, usinas de aproveitamento energético, usinas de reciclagem e reaproveitamento de RCD etc.

A Processadora de Resíduos Sólidos (PRS), uma empresa especializada na reciclagem de RCD, tornou-se um grande aliado do município de Porto Velho, ajudando a cidade a adequar-se à política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A organização tem como missão “apoiar o município e empresas no cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos e, também, aumentar a qualidade de vida da população de Porto Velho, limpando a cidade e respeitando o meio ambiente” (PIANOVSKI, 2015, p.23).

Localizada na estrada da Areia Branca em Porto Velho/RO, a PSR Recicladora opera no município desde maio de 2015 (MALHEIROS, 2015). A localização da usina traz para a cidade muitas vantagens das quais citamos: a sua implantação foi feita em um ambiente bastante arborizado e com baixa densidade populacional; a recicladora se localiza a apenas 7 km do centro da cidade e a 15 Km do aterro sanitário do município, o que reduz os custos com a logística pela metade, uma vez que o tempo e o combustível gasto pelos transportadores se tornam bem menores (PRS, 2014).



Figura 17 – Processadora de resíduos Sólidos de Porto Velho/ RO.

Fonte: SANTOS (2017)

A Usina de RCD de Porto Velho está inserida em um terreno com mais de 50.000 m² (PRS 2014), e apresenta em seu layout, além da área de triagem e trituração dos RCD, a instalação de algumas estruturas, indispensáveis para o bom funcionamento de uma recicladora de resíduos de construção e demolição (SILVA, 2015).

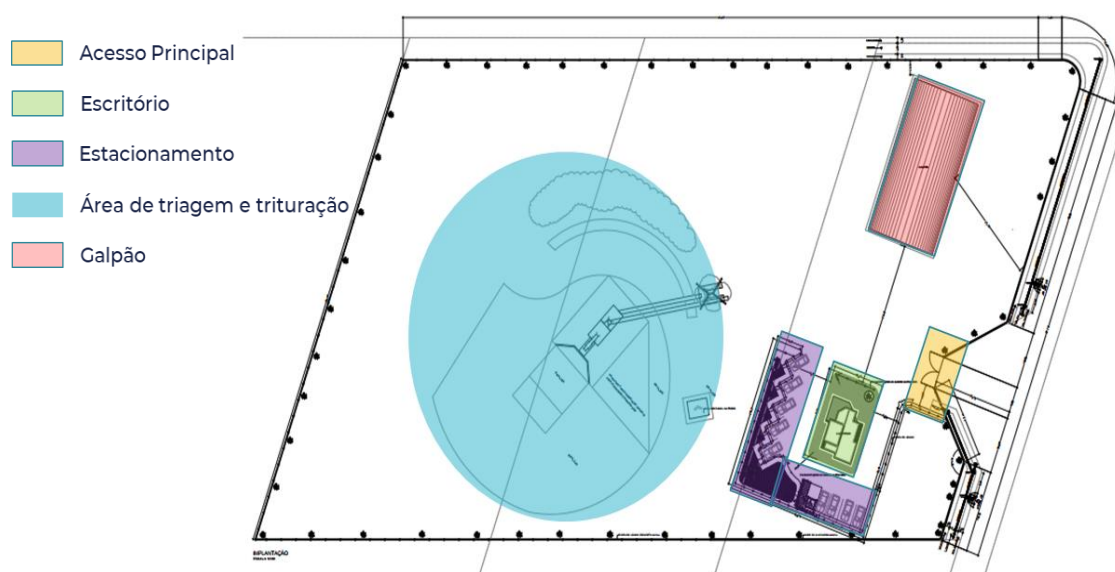


Figura 18 – Implantação da processadora de resíduos Sólidos de Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014)

A administração da usina de RCD de Porto Velho é composta pelos ambientes: Sala de reunião, administração com banheiro, copa, recepção, lavabo PNE e uma varanda. Conforme visto na figura abaixo.

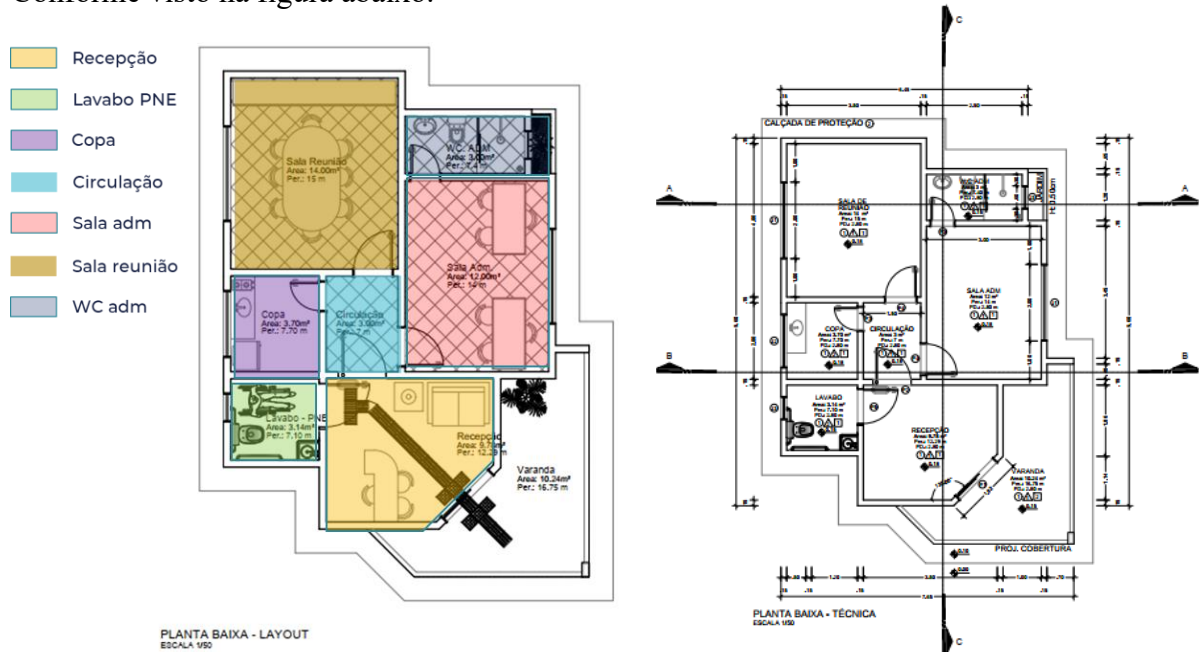


Figura 19 – Layout e Planta Baixa da área administrativa da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014).

Apresentaremos a seguir as figuras dos cortes dos ambientes administrativos da Usina de RCD de Porto Velho.

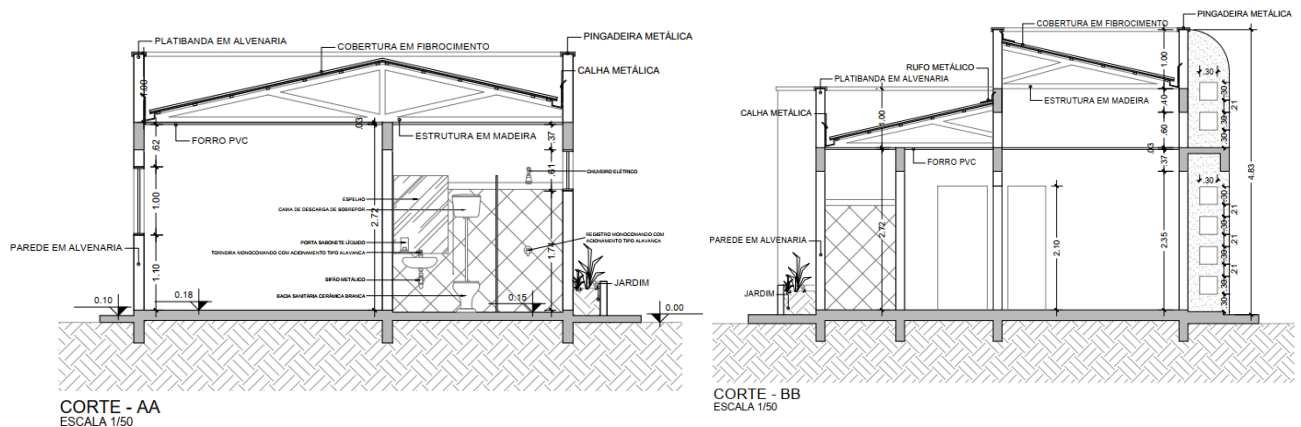


Figura 20 – Cortes AA e BB da área administrativa da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014).

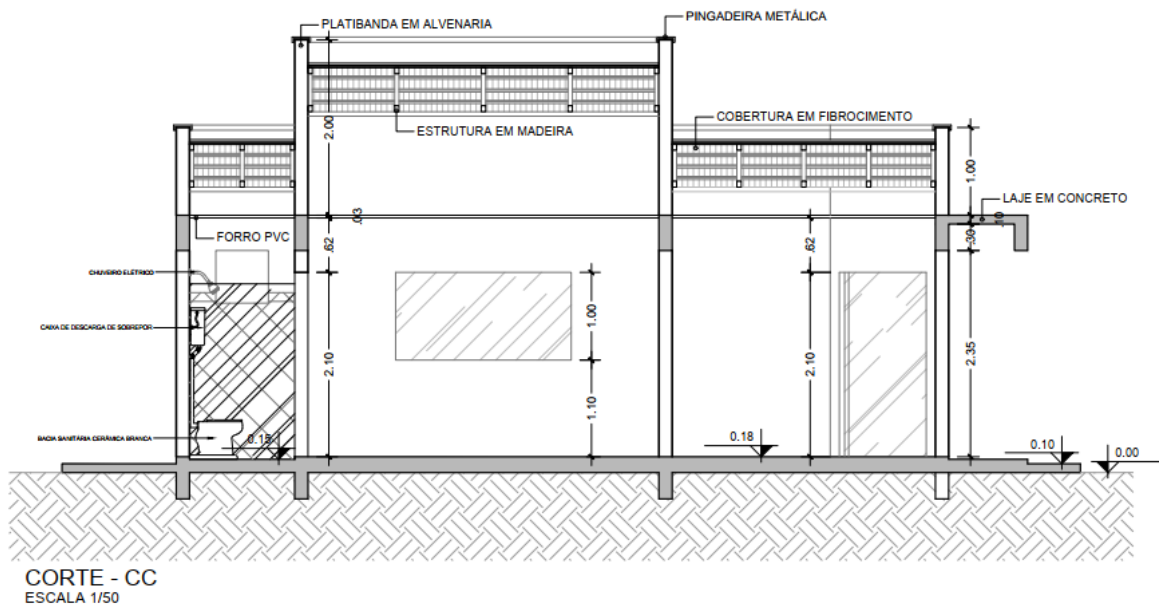


Figura 21 – Corte CC da área administrativa da PRS Porto Velho/ RO.
Fonte: (PRS, 2014).

A seguir, apresentamos a planta de cobertura e as fachadas da área administrativa da usina de RCD de Porto Velho.

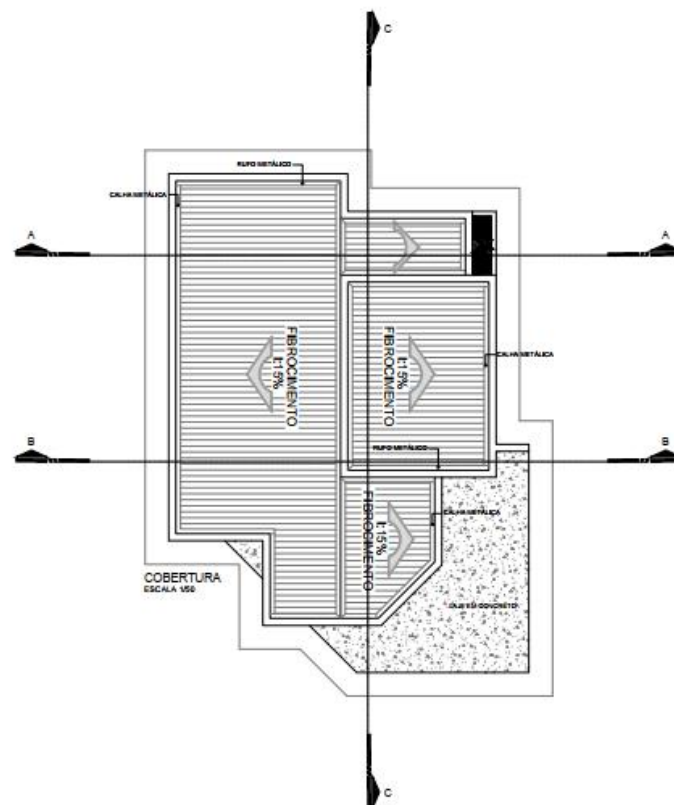


Figura 22 – Planta de cobertura da área administrativa da PRS Porto Velho/ RO.
Fonte: (PRS, 2014).

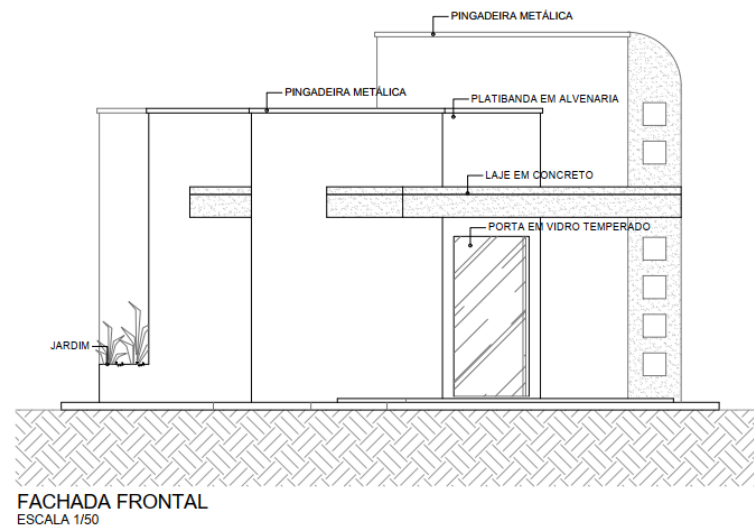


Figura 23 – Fachada frontal da área administrativa da PSR Porto Velho/ RO.
Fonte: (PRS, 2014).

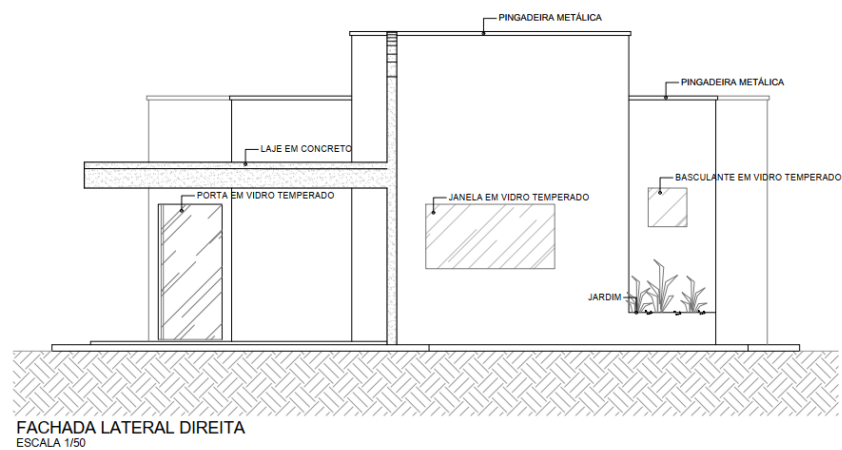


Figura 24 – Fachada lateral direita da área administrativa da PRS Porto Velho/ RO.
Fonte: (PRS, 2014)

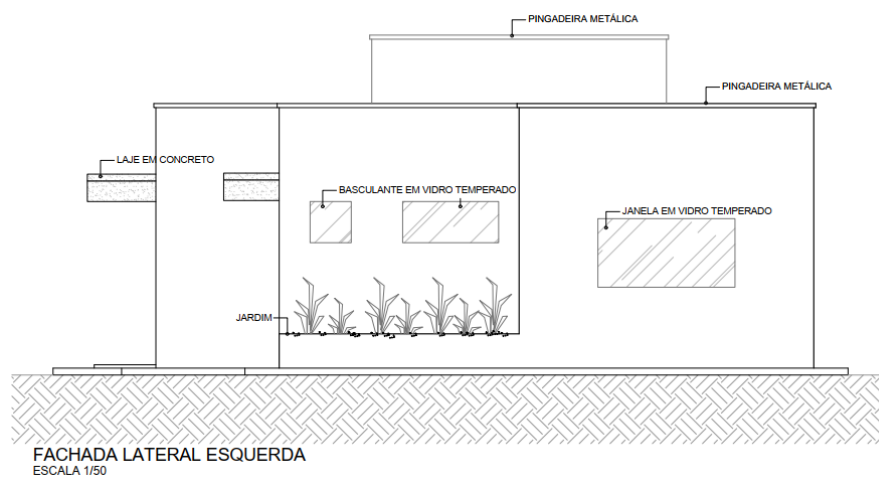


Figura 25 – Fachada lateral esquerda da área administrativa da PRS Porto Velho/ RO.
Fonte: (PRS, 2014).

Além da área administrativa a usina de RCD de Porto Velho possui um galpão com área de aproximadamente 336 m² onde está anexado um almoxarifado, um refeitório e dois banheiros, um masculino e outro feminino. Conforme visto na figura abaixo.

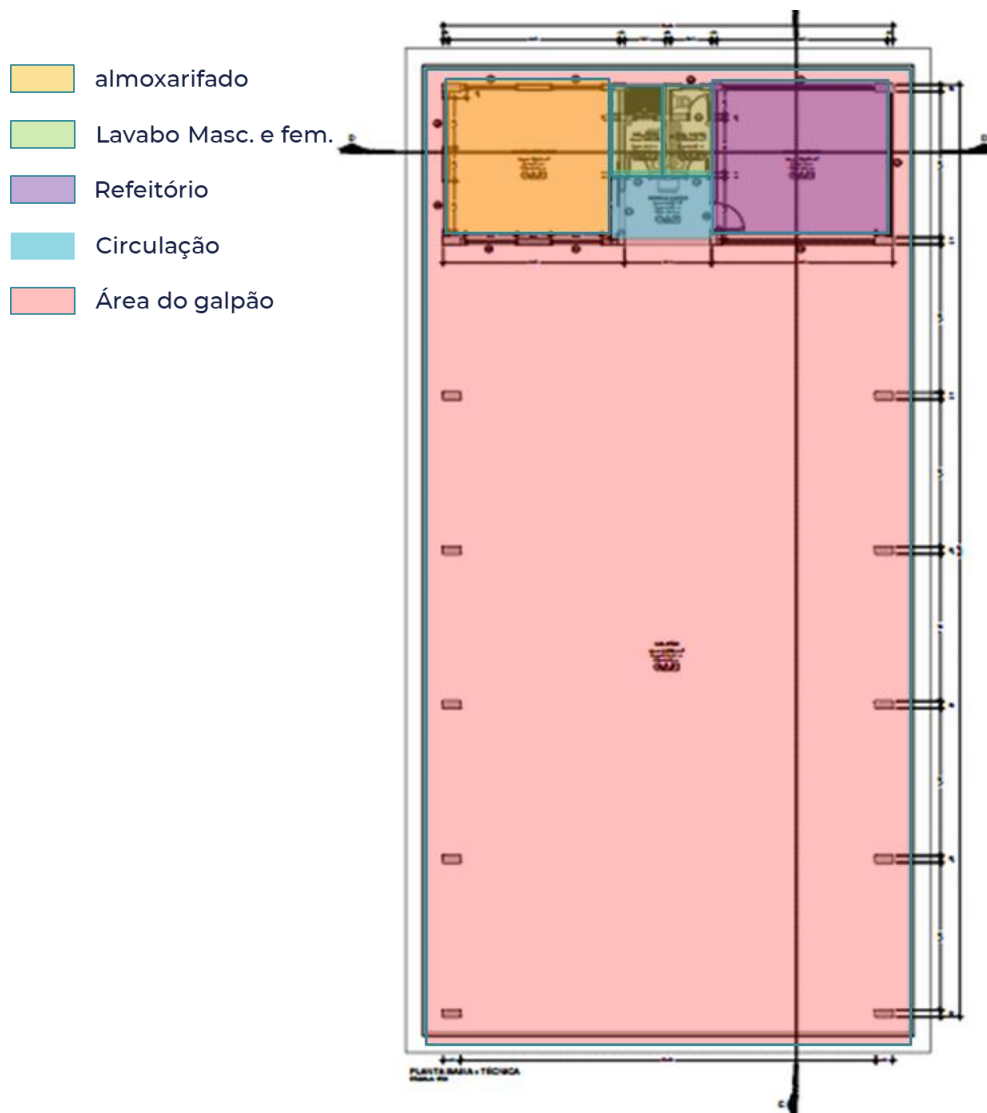


Figura 26 – Planta baixa do galpão da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014).

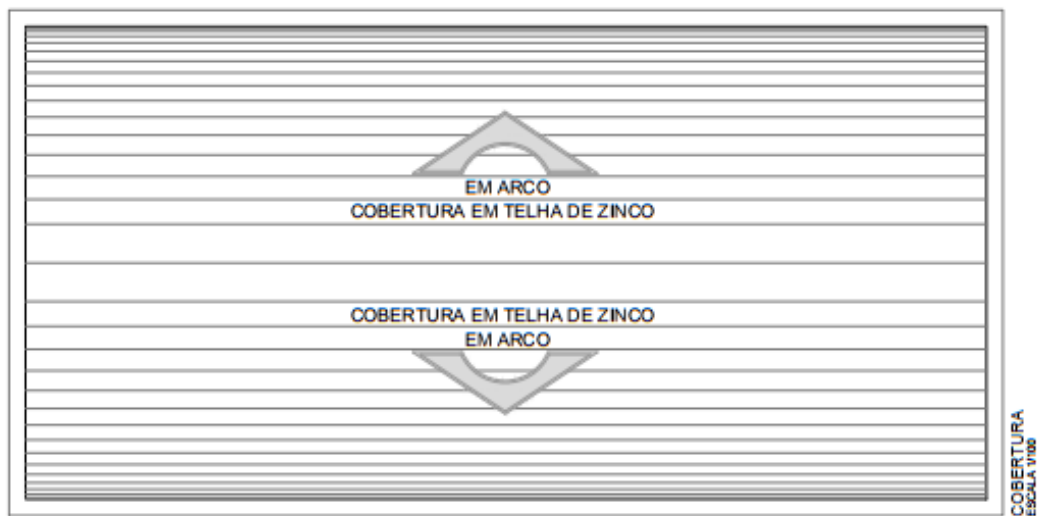


Figura 27 – Planta de cobertura do galpão da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014).

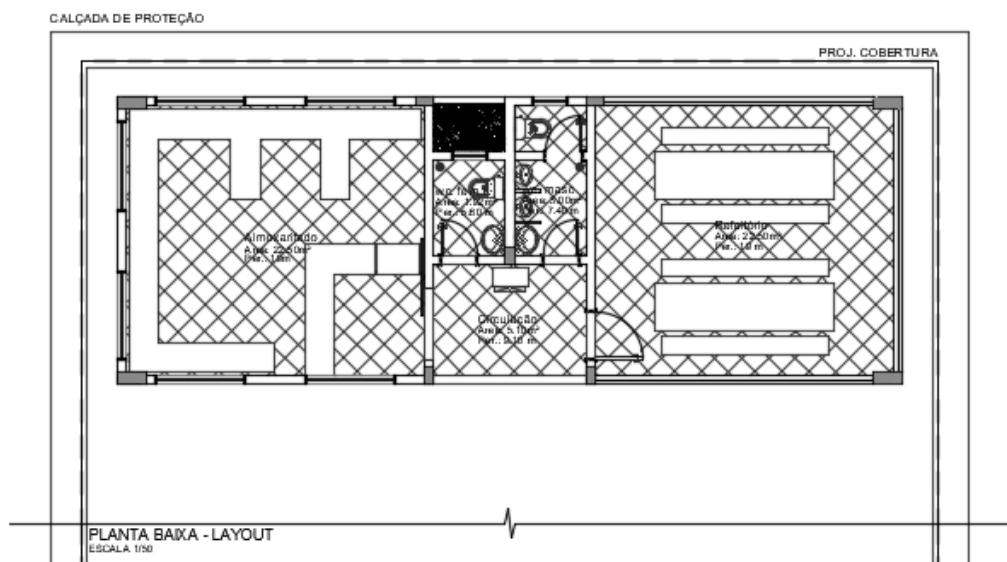


Figura 28 – Planta de layout do anexo do galpão da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014)

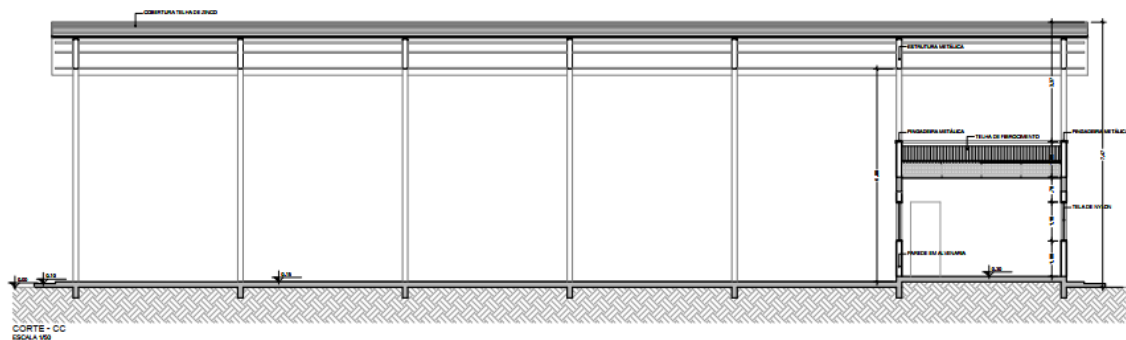


Figura 29 – Corte do anexo do galpão da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014).

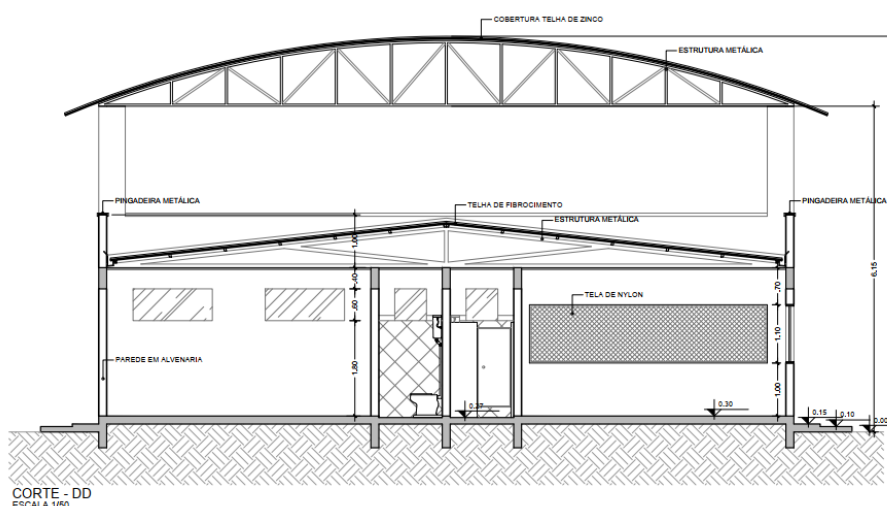


Figura 30 – Corte do anexo do galpão da PRS Porto Velho/ RO.

Fonte: (PRS, 2014).

Pianovski (2015) destaca que o processo de operação da PRS recicladora se divide em duas partes: triagem e trituração. No processo de triagem, todo resíduo que chega na usina é despejado em uma área apropriada formando um tapete (fina camada de entulho) de onde são removidos os materiais das classes B, C e D, que posteriormente terão uma destinação adequada:

Todo entulho da classe B, é separado e pode ser comercializado ou mesmo reciclado. Por exemplo, a madeira pode ser triturada e usada em olarias e/ou padarias, já o plástico é encaminhado para as usinas de reciclagem local. Os lixos da classe C e D serão encaminhados para o aterro sanitário. (PRS, 2014, p. 19).

Após a etapa de triagem, todo entulho de classe A é depositado por uma pá carregadeira no alimentador vibratório que desloca a carga para um britador do tipo mandíbula, na câmara de britagem as partículas tem o seu tamanho reduzido (PRS, 2014). O processo de trituração da PRS Recicladora conta com um conjunto de equipamentos de britagem que é composto por um “alimentador vibratório, britador, correias transportadoras, peneiras, rebritador, imã e casa de máquinas” (MALHEIROS, 2015, p. 34).



Figura 31 – Conjunto de britagem da Processadora de resíduos Sólidos de Porto Velho/ RO.

Fonte: Malheiros (2015)

Na saída do britador os resíduos são depositados em correias que transportam o material já britado para a peneira vibratória que fica localizada acima de um muro de separação em forma de “X”. Após passar pelo britador, parte do material que ainda fica com uma granulometria consideravelmente grande, sofre outro processo de peneiramento pelo rebritador, que reduz os resíduos a granulometrias menores. A peneira destina o entulho para decks de granulometrias diferentes. Assim cada um dos quatro produtos fabricados na PSR Recicladora (areia, brita, pedrisco, rachão) são totalmente separados e estarão prontos para ser utilizados (PRS, 2014).

A Usina Recicladora de RCD de Porto Velho optou por uma linha de produção que confeccione uma quantidade considerável de agregados finos (areia e brita reciclados), que posteriormente serão utilizados na fabricação de artefatos de concreto. A usina também possui um equipamento que transforma a madeira da construção civil em briquetes e pretende estender a sua linha de reciclagem para papeis e papelões; estuda também diversas formas para reciclar materiais eletrônicos, lâmpadas, pneu inservível e até mesmo óleo (PRS, 2014).

Segundo a PSR (2014) a usina em questão cogita fechar parceria com as universidades de Engenharia Civil de Porto Velho com o objetivo de trazer estudantes e professores para dentro da empresa na intenção de aumentar a qualidade do material produzido e obter um selo de qualidade garantido pelas universidades.

IV. ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DE ANTIPROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RCD CLASSE A NA CIDADE DE BELÉM - PA.

4.1 A REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM E O DESCARTE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM SUA LOCALIDADE

Belém do Pará é uma das maiores cidades brasileiras, a maior da Região Norte. Segundo Diniz, et al (2021), a região metropolitana de Belém (RMB) possui uma área de aproximadamente 50.582,30 ha, e se constitui de 71 (setenta e um) bairros e 8 (oito) distritos administrativos (Cidade Velha, Entroncamento, Guamá, Icoaraci, Mosqueiro, Outeiro, Bengui e Sacramento). Além de contar com os municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Izabel do Pará, Santa Barbara e Castanhal (PEREIRA e CUNHA JÚNIOR, 2019).

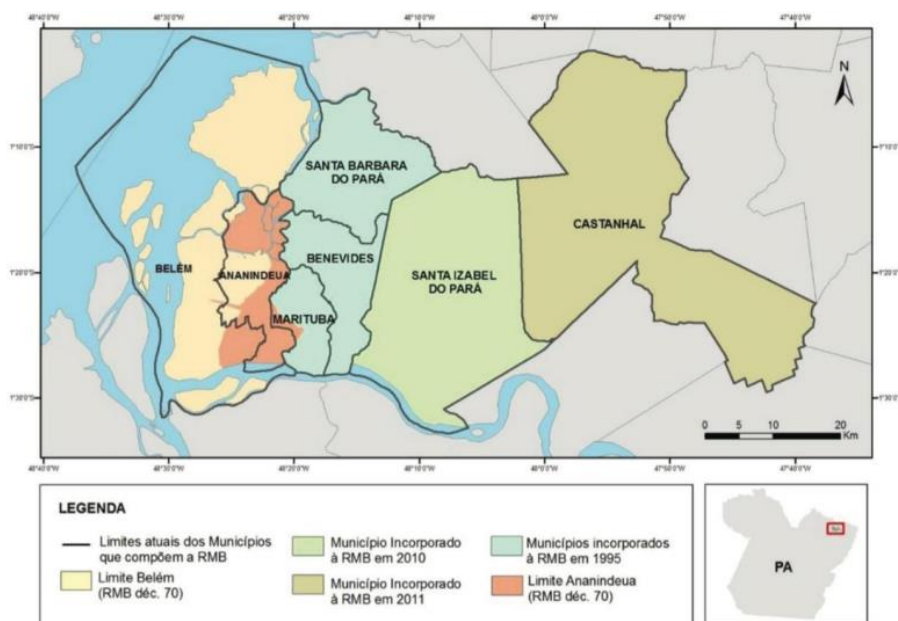


Figura 32 – Mapa de Localização da Região Metropolitana de Belém.

Fonte: Cardoso et al (2015, p.24).

A expansão populacional e o aumento da urbanização contribuíram com a ocupação desordenada do território da RMB, fazendo com que o espaço passasse por várias transformações. Esse crescimento influenciou na elevada produção de resíduos sólidos nos municípios, ocasionando a degradação do espaço geográfico, principalmente por não haver destinação adequada para os resíduos sólidos produzidos, fazendo com que grande parte do lixo gerado na cidade fosse lançado em lixões a céu aberto, em vias públicas ou em outros locais inadequados (LOBATO e TAVARES, 2012).

A maior parte dos resíduos sólidos da Região Metropolitana de Belém (RMB) eram descartados no espaço popularmente conhecido como “Lixão do Aurá”. Em atividade desde o início dos anos 1990, o local passou por vários anos recebendo cerca de 1800 toneladas de resíduos sólidos por dia incluindo os detritos domiciliares, comerciais, industriais, podas de árvores, animais mortos, alimentos deteriorados, objetos volumosos e etc. (FREIRE, 2010).

Por conta do longo período em que operou com pouco ou nenhum controle ambiental, a decomposição das substâncias em reação com o solo, ocasionaram a degradação do lixão do Aurá. Devido a questões operacionais e institucionais, o espaço sofreu diversas autuações, baseadas em irregularidades ambientais (o aterro funcionava sem licença ambiental), pelo fato de lançar resíduos sólidos a céu aberto, sem o devido tratamento (ALMEIDA, 2019).

Diante dessas circunstâncias, no ano de 2015, o lixão teve suas atividades reduzidas, após a Prefeitura de Belém assinar um Termo de Ajuste de Conduta (TAC), consequência do não cumprimento das normas previstas na Lei de Resíduos Sólidos, decretada pelo CONAMA

em 2010. Assim, a partir do ano de 2015, a área do lixão transformou-se em Aterro Controlado, passando a servir apenas para descarte de resíduos sólidos não domiciliares, como entulhos, e resíduos da limpeza urbana (PINHEIRO, 2019). Concordando com o que foi exposto, a prefeitura de Belém destaca que:

O Aterro do Aurá operou por cerca de 25 anos (início operacional em 1990) e desde 2015, devido a problemas operacionais, socioambientais e institucionais, inclusive envolvendo demandas judiciais, o aterro passou a não receber mais resíduos sólidos domiciliares. Atualmente é utilizado como local de disposição de resíduos de entulhos (Resíduos da construção civil - RCC) e materiais retirados da limpeza e dragagens de canais de drenagem. (PREFEITURA DE BELÉM, 2020, p. 64).

Após responder as demandas judiciais e ter as atividades do lixão do Aurá reduzidas, os RSU da região metropolitana de Belém passaram a ser enviados para o Central de Tratamento e Processamento de Resíduos (CPTR) de Marituba (também conhecida como Guamá Tratamento de Resíduos - GTR), que opera na região metropolitana desde o ano de 2015 e trabalha com o tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gás (CARDOSO, et al., 2020).

Diante desses fatos, a Prefeitura de Belém (2020, p.74) escreve que: “Acordos e termos judiciais recentes já deram prazo limite para a paralisação da operação deste Aterro sanitário o que sinaliza a necessidade urgente de novas alternativas técnicas, áreas e projetos para a implantação de novo aterro sanitário na região.”

4.1.1 Estimativa do volume de RCD gerado na cidade

Santos (2017, p.21) afirma que “os resíduos sólidos da construção civil estão diretamente ligados com o crescimento e a urbanização das cidades”. Tratando sobre o assunto Maia e Gaia (2012) destacam que a construção civil na cidade de Belém, assim como em outras localidades é a maior fonte geradora de entulhos. Já Lima e Pereira (2013) afirmam que na região metropolitana de Belém a geração de RCD tem sido diretamente proporcional ao crescimento do setor da construção civil.

Contudo, apesar dessa realidade, os resíduos de construção e demolição produzidos no município ainda não têm a atenção devida, por incomodar menos que o lixo doméstico (DINIZ, et al., 2021). Os mesmos autores destacam que os entulhos produzidos na região metropolitana de Belém geralmente são despejados nas periferias para ser utilizados como aterros de quintais e áreas alagadas, isso quando não são descartados de forma clandestina em via pública ou em terrenos baldios.

De acordo com o Departamento de Resíduos Sólidos da Prefeitura de Belém, a quantidade de Resíduo sólido urbano (RSU) coletada é de 51.760 m³/mês, dessa quantidade

60% é classificada como RCD (MAIA; GAIA, 2012). O jornal O Liberal destacou em uma matéria publicada no ano de 2021 que:

Garantir uma boa limpeza urbana e dar destinação adequada aos resíduos sólidos produzidos diariamente são dois grandes desafios para os gestores de Belém. A capital produz, por dia, uma média de mil toneladas de lixo. Além disso, a cidade tem, atualmente, mais de 100 pontos críticos de descarte irregular de entulhos. (O LIBERAL, 2021).

De acordo com o G1 PA (2021) a administração do Estado do Pará é a que menos aproveita o lixo para reciclagem, se apresentando como o estado que tem os piores índices de coleta de resíduos sólidos; um pouco mais de 76% do lixo que é coletado, e apenas 0,48% desses resíduos são reciclados ABRELPE (apud G1 PA, 2021). Quando trata sobre a Região metropolitana de Belém o jornal escreve: “Em Belém, de acordo com o estudo da ABRELPE, o índice é ainda mais baixo: 0,45%, bem menor que a média nacional que é de 3%”.

O liberal (2021), já citado descreve ainda que cidade tem o desafio de regularizar a coleta de lixo, de fazer um bom programa de educação ambiental e implementar a coleta programada de entulhos. Além disso, salienta que a Secretaria Municipal de Zeladoria e Conservação Urbana (SEZEL), trabalha na criação de ecopontos (estações de transbordo de entulhos), onde os “Carrinheiros — trabalhadores informais com carrinhos de mão e que costumam atuar no transporte irregular de lixo - serão cadastrados. Assim, será possível evitar o despejo dos resíduos em pontos críticos, principalmente às margens de canais” (O LIBERAL, 2021).

Diante do exposto, consideramos que a criação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição na cidade de Belém ajudaria a minimizar os impactos ambientais causados por esses resíduos no município, possibilitando várias vantagens como: a diminuição de RCD depositados em áreas públicas, a redução das cargas de materiais lançados nos aterros sanitários, redução da poluição, melhoria no trânsito etc.

4.2 PROGRAMA DE NECESSIDADES

4.2.1 Condições para Implantação da usina de RCD

Siqueira (2018) destaca que o órgão responsável pela normatização das usinas de reciclagem no Brasil é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e que cabe a ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição), o cumprimento destas normas.

A ABNT possui três normas referentes a gestão de RCD, dentre elas está a NBR 15114 de 30 de julho de 2004, que trata sobre as áreas de reciclagem de resíduos da construção civil,

oferecendo diretrizes para projeto, implantação e operação desses espaços (ABNT, 2004). No quadro a seguir apresentamos um resumo das condições e critérios para a implantação das usinas de reciclagem de RCD.

Condições de implantação	Crítérios
Isolamento e sinalização	- Sinalização do perímetro da área em operação, construído com o objetivo de impedir o acesso de pessoas não cadastradas e animais;
	- Estabelecimento de uma forma de controle de acesso ao local;
	- Sinalizações que identifiquem o empreendimento;
	- Preocupação com aspectos relativos à vizinhança, ventos e estética.
Acessos	- Devem ser protegidos e mantidos em condições de utilização para diferentes variações climáticas.
Iluminação e energia	- A área deve dispor de iluminação que permita ações de emergência a qualquer tempo.
Proteção das águas superficiais	- Respeitar as faixas de proteção dos corpos d'água superficiais;
	- Previsão de um sistema de drenagem das águas de escoamento superficial na área de reciclagem.
Preparo da área de operação	- área de operação deve ter sua superfície regularizada;
	- Determinar local específico para armazenamento temporário de resíduos não recicláveis;
	- área coberta para armazenamento temporário de resíduos da Classe D.

Quadro 5: Condições e critérios para implantação de usina de reciclagem RCC.

Fonte: Norma ABNT NBR 15114.

A mesma norma determina também que a região indicada para a implantação da área de reciclagem de RCD deve:

[...] prever a minimização dos impactos ambientais, a maximização do consentimento da população e o respeito às legislações de uso do solo e ambiental vigentes, ressaltando ainda a observância da hidrologia, vegetação e vias de acesso para avaliação da adequabilidade de possíveis locais para sua implantação (BOHNENBERGER, et al., 2018, p. 302).

O planejamento para a implantação das usinas de reciclagem de resíduos sólidos é um trabalho bastante complexo, que exige a identificação de “áreas que atendam a requisitos técnicos, ambientais e econômicos, combinados com uma gama de critérios e informações que devem ser considerados nessa seleção” (BOHNENBERGER, et al., 2018, p. 300).

Melo (2011, p. 55) escreve que “O local de instalação de uma usina de reciclagem de RCC é uma decisão estratégica e faz parte do processo de planejamento, independentemente do agente financiador”. Além disso, Moreira (2001, apud Melo, 2011), demonstra que os:

[...] aspectos físicos do terreno auxiliam na seleção das localidades mais recomendadas, garantindo as condições operacionais e ambientais do empreendimento. Relevo, facilidade de acesso, qualidade do solo, proximidade dos insumos, presença de matéria prima, distância de transporte da matéria prima e do

produto e condições climáticas são fatores a serem analisados cuidadosamente de forma a não interferir nas atividades produtivas, nem provocar perda econômica (MOREIRA, 2001, apud Melo 2011, p.55).

Siqueira (2018) escreve que o início da implantação das usinas de reciclagem de RCD se dá através da escolha do terreno onde ela será edificada, essa escolha depende de fatores como: O tamanho do terreno (que apresente dimensões condizentes com as necessidades do empreendimento); infraestrutura (Sistema de remoção de esgoto, abastecimento de água e energia elétrica etc.); possibilitar a facilidades de transporte e a minimização do gasto de energia gerado no deslocamento de resíduos entre a fonte geradora e a recicladora, suprimindo a demora entre as operações; atenção as exigências dos órgãos ambientais e à regulamentação do uso do solo do município em que será instalada. (SILVA, 2015).

4.2.1.1 Localização

Após efetuarmos o levantamento de possíveis locais compatíveis com a implantação do projeto. Encontramos um terreno que garante todas as condições operacionais e ambientais do empreendimento.

O terreno proposto para implantação da usina ocupa um espaço de aproximadamente 15 hectares, e está localizado na Avenida Jardim Europa, paralela à avenida Santana do Aurá, no bairro de Águas Lindas, município de Ananindeua, região metropolitana de Belém. O local encontra-se bem próximo do antigo lixão do Áura; este foi um dos fatores preponderantes na escolha do espaço, visto que o lixão é utilizado atualmente como local de depósito de entulhos (Resíduos da construção e demolição - RCD) e materiais retirados da limpeza e dragagens de canais.

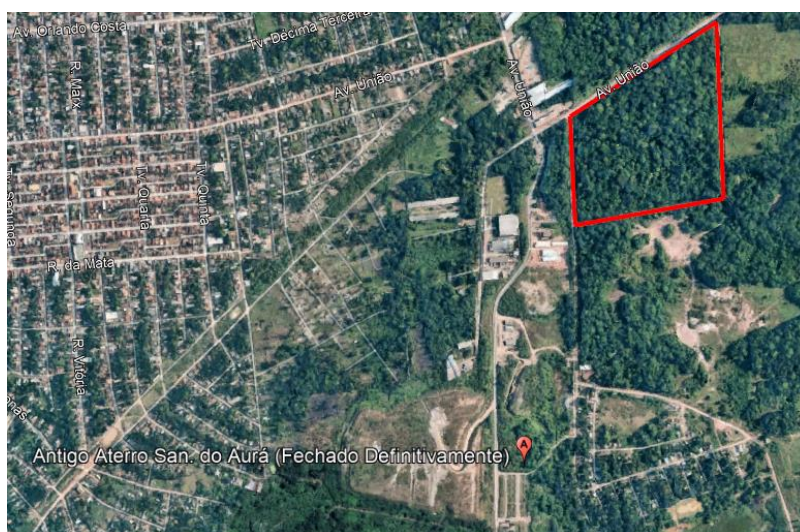


Figura 33 – Terreno de implantação da USINA

Fonte: Google Earth

Próxima ao lixão do Aurá a usina terá em sua adjacência os insumos necessários para o seu funcionamento. Sem falar na facilidade no transporte e minimização no gasto de energia gerada pelo deslocamento dos resíduos até a unidade de tratamento.

Além das particularidades descritas acima, várias outras características revelaram este espaço como ideal para a implantação do empreendimento, entre elas citamos: suas dimensões são condizentes com as necessidades da recicladora; o local apresenta um isolamento natural, pois é circuncidado por áreas de vegetação nativa e áreas remanescentes da floresta amazônica, sem falar que, alguns estudos focalizados nessa área têm obtido resultados bastante relevantes acerca das características geológicas do lugar.

De acordo com Santo (2014) o lixão do Aurá está localizado dentro da área de Proteção Ambiental (APA) de Belém, esta região também abrange o Parque Ambiental do Utinga e diversas comunidades em seu entorno. Posicionado dentro de uma Unidade de Conservação Estadual, criada pelo Decreto nº 1.551, de 03 de maio de 1993, que dispõe sobre a implantação da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém; este espaço é gerenciado pelo governo estadual. Deste modo, todas as ações realizadas na região, precisam da aprovação das autoridades governamentais do estado, inclusive a licença ambiental.

Contudo, através de análises, percebemos que a área do lixão do Aurá e do seu entorno precisa de um Plano de Recuperação, com projetos específicos de remediação, “porém um Plano de Recuperação integral do mesmo não foi integralmente elaborado e/ou realizado” (PREFEITURA DE BELÉM, 2020, p. 78). Acreditamos que dentro deste plano caiba o projeto de uma Recicladora de RCD, pois semelhante ao caso do Raso da Catarina, área degradada principalmente pela disposição irregular de lixo em seu sítio; e que teve como processo de remediação a implantação de uma central de tratamento de resíduos (CTRP); o lixão pode incluir em seu projeto o gerenciamento adequado de alguns tipos específicos de resíduos sólidos produzidos no município, como os de construção e demolição.

4.2.2 Diretrizes do projeto

A proposta consistiu-se de um anteprojeto arquitetônico de uma usina de reciclagem de RCD, que leve em consideração as leis, normas e diretrizes técnicas que definem os procedimentos para a gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição. A Usina deverá oferecer serviços de coleta, triagem, processamento e venda de materiais reutilizáveis ou recicláveis. O anteprojeto foi estruturado de modo a garantir a funcionalidade e sustentabilidade, conciliando o projeto a preservação do meio ambiente.

4.2.3 Conceituação – Tipologia

Cunha (2007) destaca que as usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição são compostas por um espaço físico dotado de equipamentos que beneficiam os RCD da classe A. Segundo a autora, esses locais são constituídos por: Pátio para recebimento e manuseio dos resíduos, local para implantação dos equipamentos envolvidos no processo de britagem e peneiramento de materiais, acessos para manobras de veículos, ambientes para armazenamento e estocagem dos materiais produzidos e área de administração.

Pinto e Gonzáles (2005) explicam que:

O projeto dessas instalações, em cada situação específica, deve seguir as especificações contidas nas normas técnicas brasileiras (NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação e NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação) e legislações específicas. Especial atenção é exigida ao projeto dos acessos dos veículos à instalação, para que sejam reduzidos ao mínimo possível os impactos negativos nas vias públicas adjacentes. Além disso, os espaços necessários à movimentação interna de veículos e o volume de material a ser recebido e processado determinarão a área de terreno necessária em cada caso. (PINTO E GONZÁLES, 2005, p. 47, grifo nosso).

De modo geral, o projeto das usinas de reciclagem deve ser coerente com as diretrizes fixadas nas normas ABNT. “Suas dimensões estão condicionadas ao volume estimado de resíduos a ser recebidos, armazenados e processados” (ROSA, 2005, p. 55). Pinto e Gonzáles (2005), já citados, organizaram o tamanho aproximado das áreas necessárias para o processo de triagem e reciclagem em uma usina de beneficiamento de RCD em dois quadros, como podemos verificar abaixo:

Volume de resíduos triados diariamente	Área demandada
70 m ³	1.100 m ²
135 m ³	1.400 m ²
270 m ³	2.300 m ²
540 m ³	4.800 m ²

Quadro 6 – Área necessária para os processos de triagem nas usinas de RCD.

Fonte: Adaptado de I&T informações técnicas apud (PINTO e GONZÁLES 2005, p.48).

Volume de RCD reciclado diariamente	Área demandada
40 m ³	3.000 m ²
80 m ³	3.500 m ²
160 m ³	7.500 m ²
320 m ³	9.000 m ²

Quadro 7 – Área necessária para os processos de reciclagem de RCD da classe A nos centros de manejo dos grandes volumes de RCD.

Fonte: Adaptado de I&T informações técnicas apud (PINTO e GONZÁLES 2005, p.48).

Com base nessas informações, apresentamos o programa de necessidades do projeto de uma usina de reciclagem de RCD, que poderá ser implantada na cidade de Belém do Pará.

De acordo com Alves, et al. (2015), os resíduos de construção e demolição (conhecidos por entulhos) chegam a representar o valor de 41% a 70% de todos os resíduos sólidos produzidos pelas cidades. Segundo dados coletados em nossa pesquisa, a cidade de Belém produz aproximadamente 1000 m³ de lixo por dia. Adotando, para efeitos de cálculo o valor de 50% - consoante ao que Alves, et al. (2015) escreveram anteriormente, chegaremos à quantidade de 500 m³ de RCD produzidos diariamente no município.

Essa parcela, analisada de acordo com os quadros 6 e 7, apresentados anteriormente revela que precisaremos de uma área de no mínimo 4.800 m² para o processo de triagem da usina e de um espaço de pelo menos 10.000 m² para implantar os equipamentos envolvidos na operação de reciclagem da usina. Assim, a área mínima total, necessária para os processos de triagem e reciclagem de RCD do projeto da usina de Belém é de 14.800 m².

Malheiros (2015) destaca que as usinas de reciclagem de RCD necessitam, além das áreas de triagem e reciclagem, de outras estruturas como guarita, área de estacionamento para funcionários e visitantes, galpão para armazenamento de resíduos pós triados (da classe B), almoxarifado, galpão para estocagem dos agregados reciclados; edificações para o setor administrativo (recepção, escritório administrativo e sala de reunião); e uma área de convivência composta por: copa, refeitório, banheiros masculino e feminino, vestiário e depósito de materiais de limpeza (DML).

Além disso, Cunha (2007) escreve que a mão de obra das usinas de reciclagem está dividida entre o pessoal administrativo e o pessoal da operação. A autora descreve ainda que:

“Entre as pessoas que participam de forma direta no processo produtivo encontram-se os administradores, os responsáveis técnicos (coordenadores) e os trabalhadores envolvidos nas operações de triagem, britagem, peneiramento, empilhamento e estoques; enfim, toda a mão-de obra necessária para a produção dos reciclados”. (CUNHA, 2007, p.143).

Por outro lado Rosa (2005) escreve que a superintendência de Limpeza urbana de Belo Horizonte orienta que o funcionamento das usinas de reciclagem precisa de no mínimo onze funcionários: “um responsável, um encarregado da inspeção das cargas recebidas, cinco encarregados da triagem de resíduos, um operador de equipamento de britagem, um operador de eletroímã, um auxiliar de manutenção e um operador de pá carregadeira” (ROSA, 2005, p.118).

Nossa proposta, baseada no que foi escrito pelas autoras, acima citadas, estima que existe necessidade de 45 funcionários, divididos da seguinte maneira: 14 funcionários para o

prédio administrativo, sendo: 1 gerente administrativo, 1 secretário, 4 administradores, 1 RH; 1 almoxarife, 2 faxineiros, 2 copeiros e 1 recepcionista. 8 funcionários para a área de triagem: 3 para trabalhar no processo de triagem externa e 5 para trabalhar na triagem manual nas plataformas. 11 pessoas para a fábrica de artefatos de concreto: 3 Pessoas para trabalhar no escritório, 2 faxineiros, 1 recepcionista, 1 almoxarife, duas pessoas responsáveis pelo maquinário da fábrica e 4 pessoas responsáveis pelo armazenamento e expedição de materiais. Além de necessitar de 2 pessoas que ficarão responsáveis pela portaria, 1 pessoa responsável pela inspeção das cargas recebidas, 3 operadores de pá carregadeira, 2 operadores de equipamento de britagem, um mecânico geral; dois técnicos de manutenção e 1 técnico em informática.

Diante da extensão do programa, da legislação e das dimensões do terreno onde a recicladora será implantada; decidimos optar por uma proposta que contempla um conjunto de 5 edificações térreas que dividem o empreendimento em 3 setores: Recepção geral, administrativo, serviços. À recepção caberá a função de receber os caminhões e fazer o primeiro atendimento daqueles que chegarem na empresa. O setor administrativo ficará responsável pelo desenvolvimento de todas as atividades que a indústria oferecerá. Já o setor de serviços ficará responsável pela triagem, armazenamento de produtos pós triados, trituração, peneira e separação de resíduos, de acordo com sua granulometria, e pela fabricação de artefatos de concreto.

4.2.4 Pré Dimensionamento

Os dados acima nos permitem apresentar o pré dimensionamento do projeto da usina de reciclagem em estudo, conforme demonstrado na tabela abaixo:

RECEPÇÃO GERAL				
AMBIENTE	FUNÇÃO	USUÁRIOS	MOBILIÁRIO	ÁREA m ²
Guarita com lavabo	Abrigar os seus usuários e controlar os acessos	Vigilantes ou Porteiros	Mesa para telefone e computador e uma cadeira	12,00
			Área útil do setor	12,00

SETOR ADMINISTRATIVO				
AMBIENTE	FUNÇÃO	USUÁRIOS	MOBILIÁRIO	ÁREA m²
Recepção	Fazer o primeiro atendimento daqueles que chegarem na empresa	Funcionários e Visitantes	Balcão de atendimento, computador, cadeira, cadeiras longarinas	16,00
Sala da diretoria	Executar atividades financeiras, mercadológicas, de compras e estoques, de recursos humanos e outras).	Funcionários e Visitantes	Mesa, cadeiras, Computador, Impressora, Telefone, armários	16,00
Banheiro sala da diretoria	Realizar necessidades fisiológicas, de higiene e cuidados pessoais.	Diretor	vaso sanitário, cuba, pia, box e chuveiro	3,00
Administração	Executar atividades financeiras, mercadológicas, de compras e estoques, de recursos humanos e outras).	Funcionários e visitantes	Mesa, cadeiras, Computador, Impressora, Telefone, armários	30,00
Recursos humanos	Gerenciar e desenvolver todas as etapas da vida profissional dos colaboradores	Funcionários e Visitantes	Mesa, cadeiras, Computador, Impressora, Telefone, armários	20,00
Sala de reuniões	Tomar decisões pertinentes a empresa, definir metas e planejamento em conjunto.	Funcionários da Usina	Mesa, cadeiras, Computador, Projetor	20,00
Banheiro masculino para funcionários	Realizar necessidades fisiológicas, de higiene e cuidados pessoais.	Funcionários da Usina	vaso sanitário, cuba, pia, box e chuveiro	3,6
Banheiro feminino para funcionários	Realizar necessidades fisiológicas, de higiene e cuidados pessoais.	Funcionários da Usina	vaso sanitário, cuba, pia, box e chuveiro	3,6

Copa	Armazenar, limpar, preparar e servir alimentos, lavar utensílios	Funcionários da Usina	Armário, Bancadas, pia, Fogão, Forno de micro-ondas, Geladeira	4,00
Almoxarifado	Estocar produtos para uso interno: Capacetes, Luvras, Botas de borracha, Uniforme, Protetor auricular etc.	Funcionários da Usina	Armários	12,50
Sala de monitoramento	Observação, supervisão, controle de acesso, monitoramento e tomada de decisão.	Funcionários da Usina	Racks, mesas, cadeiras, computadores	8,95
WC PCD	Realizar necessidades fisiológicas, de higiene e cuidados pessoais.	Funcionários e Visitantes	vaso sanitário, cuba, pia	4,07
Cozinha	Armazenar, limpar, preparar e servir alimentos, lavar utensílios	Funcionários da Usina	Armário, Bancadas, pia, Fogão, Forno de microondas, Geladeira	8,78
Refeitório	Alimentar, socializar	Funcionários da Usina	Mesa, cadeiras, lavatórios e pias instalados	27,25
Vestiário e banheiro Masculino	Troca de roupas, a guarda de objetos pessoais com segurança	Funcionários da Usina	Armários ou nichos, chuveiros, bancos e cabides para roupas.	19,68
Vestiário e banheiro Feminino	Troca de roupas, a guarda de objetos pessoais com segurança	Funcionários da Usina	Armários ou nichos, chuveiros, bancos e cabides para roupas.	19,68
WC PCD Masculino	Realizar necessidades fisiológicas, de higiene e cuidados pessoais.	Funcionários e Visitantes	vaso sanitário, cuba, pia	4,07
WC PCD Feminino	Realizar necessidades fisiológicas, de higiene e	Funcionários e Visitantes	vaso sanitário, cuba, pia	4,07

	cuidados pessoais.			
Deposito de materiais de limpeza (DML)	Guarda de aparelhos, utensílios e material de limpeza	Funcionários da Usina	Tanque de lavagem, armários para guardar os produtos	5,00
Área útil do setor				230,25

SERVIÇOS				
AMBIENTE	FUNÇÃO	USUÁRIOS	MOBILIÁRIO	ÁREA m ²
Galpão para triagem de agregados	Separar os RCD de acordo com sua classificação: Papelão, papel, plástico, madeira, gesso, ferro.	Funcionários da Usina	Containers	375,00
Galpão para estocagem de agregados reciclados	Armazenar os RCD reciclados: Papelão, papel, plástico, madeira, gesso, ferro.	Funcionários da Usina	Containers	200,00
Fábrica de artefatos de concreto	Produção e comercialização de itens como blocos, tijolos, lajes, tubos, pisos etc.	Funcionários da Usina	Máquinas, paletes, armários etc.	600,00
			Área útil do setor	1175,00
			Area útil Total	1417,25

Quadro 8 – Pré dimensionamento da usina de RCD.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O pré dimensionamento apresentado nas tabelas prevê uma área de 1417,25 m² para a construção das estruturas necessárias para o funcionamento da usina de reciclagem de RCD. Além da área construída, a usina precisará de 14.800 m² para implantação dos equipamentos envolvidos no processo de triagem e reciclagem, como visto anteriormente.

Assim, a área total necessária para a instalação da usina de reciclagem de RCD em Belém está estimada em mais ou menos 16.217,25 m². Este espaço permitirá que a usina opere de forma correta e de acordo com as normas vigentes para o setor.

O fluxo dentro da recicladora se dará da seguinte forma: Ao chegar na guarita de recepção os funcionários ou visitantes poderão decidir a sua destinação dentro da Usina (administração, galpão de armazenagem, fábrica de artefatos de concreto, pátio de recepção de entulhos, galpão de triagem ou área de britagem).

O organograma a seguir nos oferece uma ideia de como a usina funcionará.

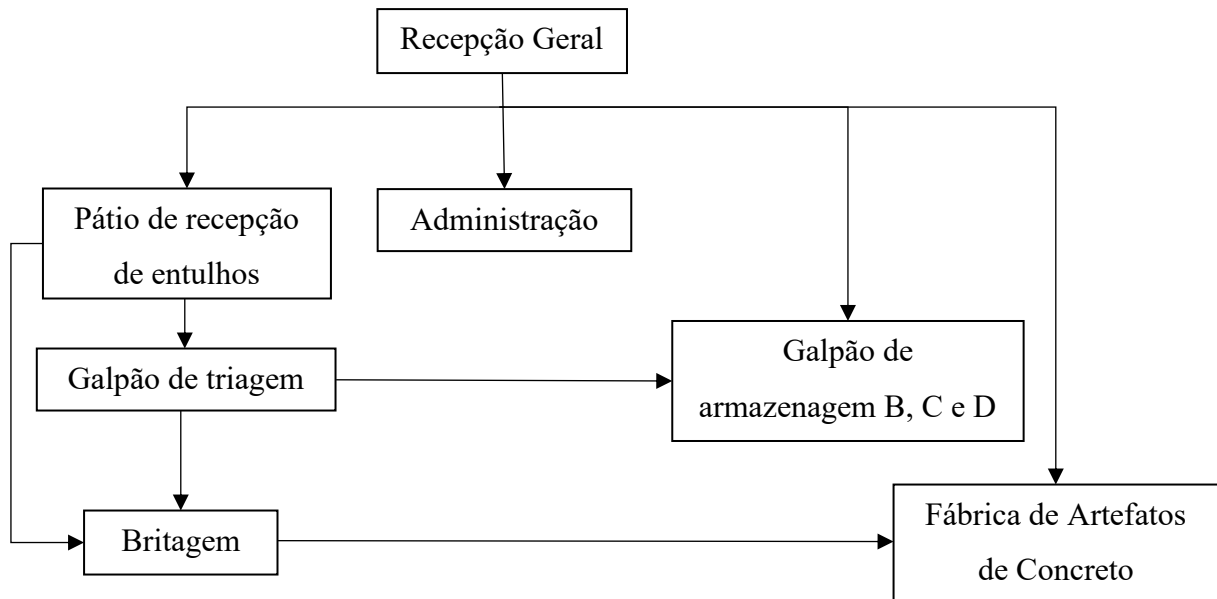


Figura 34 – Organograma da Recicladora de RCD

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4.2.5 Implantação

Os estudos para a setorização do empreendimento no terreno foram baseados no fluxo de material, de veículos e de pessoas dentro da recicladora. Buscando uma implantação adequada, optamos por uma posição geográfica que garantisse que o projeto fosse executado de forma eficiente e harmoniosa com o ambiente.



Figura 35 – Implantação da USINA

A implantação da administração ao norte do terreno, por exemplo, foi baseada na ventilação natural, levando em consideração a poeira e o excesso de ruídos produzidos pelo setor de serviços da recicladora; área esta que se localiza mais ao sul da usina. A disposição dos setores sugere um fluxo de trabalho lógico, desde a descarga e triagem de materiais até o seu processamento e expedição.

O acesso do empreendimento se dará pela Avenida jardim Europa, aproveitando a ligação que ela tem com uma das vias de saída do lixão do Aurá, seu principal fornecedor de matéria prima. A entrada do complexo pela Avenida permitirá também o recebimento de produtos que não precisem necessariamente vir do lixão.

Nesse processo, pensamos também nas vias de circulação dentro da usina, essenciais para o fluxo de veículos, equipamentos e pessoas dentro da instalação. A organização do tráfego prioriza o fluxo de veículos entre as áreas de triagem, fábrica de artefatos e a administração, com acessos bem definidos e estacionamentos próximos aos prédios. Além disso, a planta de implantação sugere um planejamento bem cuidadoso do fluxo de materiais e pessoas dentro da área industrial, com o objetivo de otimizar a logística e segurança. A presença de áreas verdes também contribui para a organização do espaço.

4.2.6 Etapas de operação da Usina

Os caminhões, ao chegarem na usina passarão pela recepção, onde será feita a inspeção visual do material transportado, as cargas depois de serem avaliadas, se aprovadas, serão encaminhadas até o pátio de recepção de entulhos. Nesse pátio, os resíduos serão despejados e posteriormente espalhados por uma pá carregadeira ou retro escavadeira, até se formar um “tapete” (uma fina camada de entulho), possibilitando uma pré triagem, onde serão separados os materiais de grande volume das classes B, C e D para posterior armazenamento.

Após a etapa de pré triagem a pá carregadeira despejará o entulho no alimentador, que o conduzirá, através de esteiras para o galpão de triagem. Dentro do galpão, em uma plataforma elevada, os operários realizarão a triagem e segregação manual dos produtos. Esses materiais, conduzidos por uma esteira móvel serão separados por classes. Os materiais da classe A serão depositados em containers, já os das classes B, C e D serão acondicionados em baias que ficarão logo abaixo da plataforma.

Ao final desse processo todos os resíduos das classes B, C e D serão enviados para o galpão de produtos pós triados, local de onde lhes darão a devida destinação (comercialização ou encaminhamento para outras destinações em atendimento as normas vigentes.). Os resíduos da classe A, que foram depositados em containers, ficarão aguardando a etapa de britagem.

Após a etapa de triagem, os resíduos da classe A serão depositados no alimentador do britador onde serão triturados. Ao final desse processo o material será transformado em fragmentos de vários tamanhos e formas. Na saída do britador os resíduos serão depositados em esteiras, que os transportarão até os separadores magnéticos para que sejam removidos todos os metais que permanecem nos fragmentos da matéria prima depois de britada. Após essa etapa os fragmentos passarão pelo peneiramento, sendo classificados dentro de quatro faixas de granulometria (Areia, Pedrisco, Brita e Rachão).

Depois de classificados, os agregados reciclados já poderão ser comercializados ou usados pela fábrica para a produção de artefatos de concreto. O fluxograma a seguir apresenta as etapas de operação da usina.

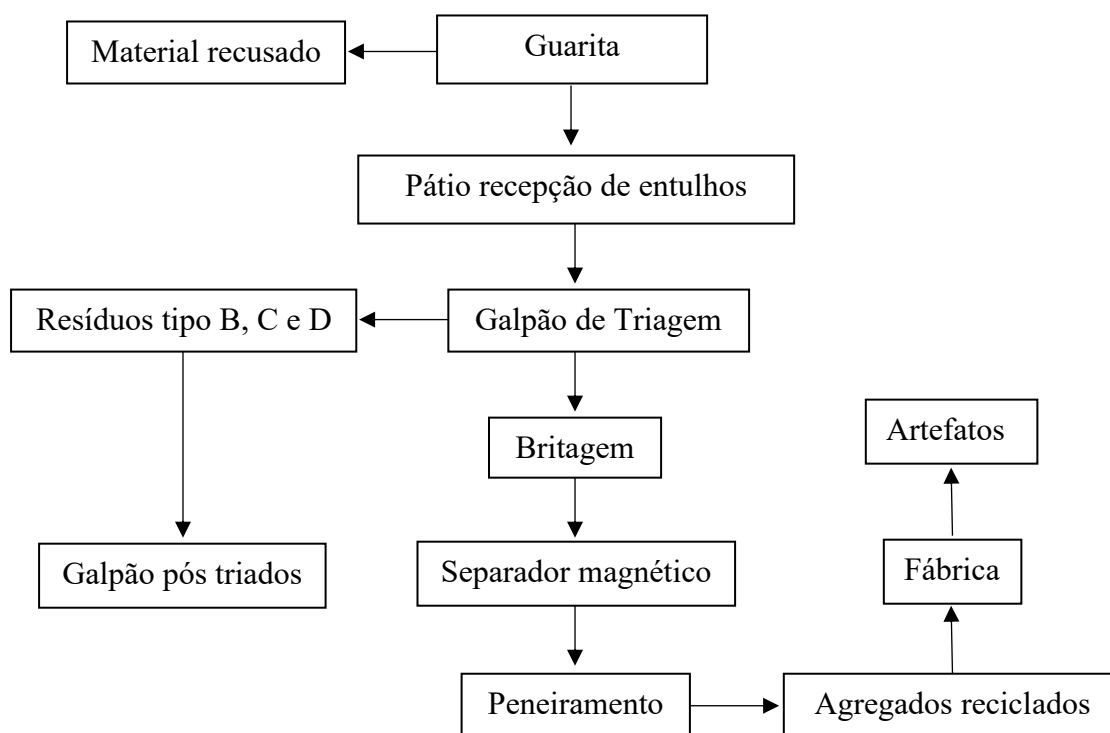


Figura 36 – Fluxograma dos processos da Recicladora de RCD

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O resultado de todo processo de beneficiamento de RCD se dará através da produção de agregados (areia, bica corrida, pedra, pedrisco e rachão). A fábrica de artefatos de concreto produzirá tubos, blocos de concreto para pavimentação, meios-fios, blocos para parede de vedação e postes para iluminação.

V MEMORIAL JUSTIFICATIVO

A partir da análise e interpretação das informações relativas ao problema arquitetônico da recicladora, definimos algumas metas que nortearam a solução do projeto. Dentre elas estavam: Edificações que garantissem a livre circulação pessoas; conforto térmico, acústico e lumínico, provendo aberturas adequadas e corretamente posicionadas ou protegidas em relação a radiação solar; favorecendo assim a iluminação natural dentro dos ambientes durante o dia, vislumbrando também a economia de energia ao se reduzir a utilização de equipamentos para o condicionamento de ar e a conservação e proteção dos recursos naturais do espaço onde a indústria foi inserida.

O conjunto arquitetônico apresenta uma linguagem ordenada pela atividade ao qual está inserida, atividade industrial de serviços de usinagem. Tendo como conceito a sustentabilidade, o programa arquitetônico será inserido em um espaço físico que garanta o melhor aproveitamento e funcionalidade na recicladora. Além dessas condições, a solução abrangerá as leis, códigos, normas e diretrizes existentes na cidade e no país aonde a usina será inserida.

5.1 Partido arquitetônico

Para justificar o conceito do projeto (sustentabilidade) decidimos adotar um partido que desconstruísse a forma convencional de um edifício, apresentando edificações com movimento e contemporaneidade, combinando linhas retas e curvas. O partido justifica-se na proposta projetual através de elementos da fachada, de cobertura e caracterização do próprio edifício em proporcionar sensações associadas aos sentidos humanos, bem como a sensação de movimento em seus elementos. A seguir detalharemos resumidamente as edificações que compõe a Usina de reciclagem.

5.2 Guarita

Com um design moderno, a guarita da Usina tem uma área de 9,86 m² e um lavabo de 1,80 m², que totalizam juntos 11,66 m² de área útil. Sua cobertura ondulada é sustentada por uma estrutura e pilares metálicos. Com a cabine centralizada a edificação cria no espaço um vão livre que servirá como acesso de veículos e pessoas.



Figura 37 – Fachada da Guarita

A volumetria da guarita é definida pela composição de diferentes planos, materiais e formas que criam um jogo de volumes, o destaque principal é a cobertura em formato de onda, que contrasta com as linhas retas da estrutura principal e das paredes laterais. O uso de materiais como metal, concreto, vidro e madeira, criam uma composição que garante durabilidade e segurança ao espaço.

A estrutura metálica servirá para dar suporte a cobertura; o telhado coberto com telhas termo acústicas oferecerá ao ambiente um isolamento térmico e acústico; já os painéis de vidro proporcionarão a guarita luminosidade e transparência. A combinação de cores, com o predomínio de tons neutros como cinza, branco e preto, com detalhes em amarelo e verde, nos destaques da marca "Eco Cicle", evoca uma sensação de naturalidade e modernidades, além de criar um efeito visual dinâmico e convidativo.

5.3 Administração

A Recicladora contará com um prédio administrativo, capaz de operar no desenvolvimento de todas as atividades que a empresa oferecerá, isto é, atendimento aos clientes, gestão do empreendimento controle financeiro e venda de materiais. A edificação contará com dois acessos: um acesso principal projetado para receber visitantes e ocupantes e um acesso secundário, que servirá como entrada de serviços e acesso restrito a funcionários da empresa.

O programa de necessidades apontou que seriam necessários alguns ambientes no prédio administrativo que inclui: recepção; banheiro PNE na recepção; sala de diretoria; banheiro da sala de diretoria; sala de administração; sala de recursos humanos (RH); sala de reuniões; banheiros masculino e feminino para os funcionários; copa; almoxarifado; sala de monitoramento; vestiários masculino e feminino, banheiros PCD masculino e feminino; cozinha; refeitório e DML. O fluxograma a seguir aponta como esses ambientes se relacionam.

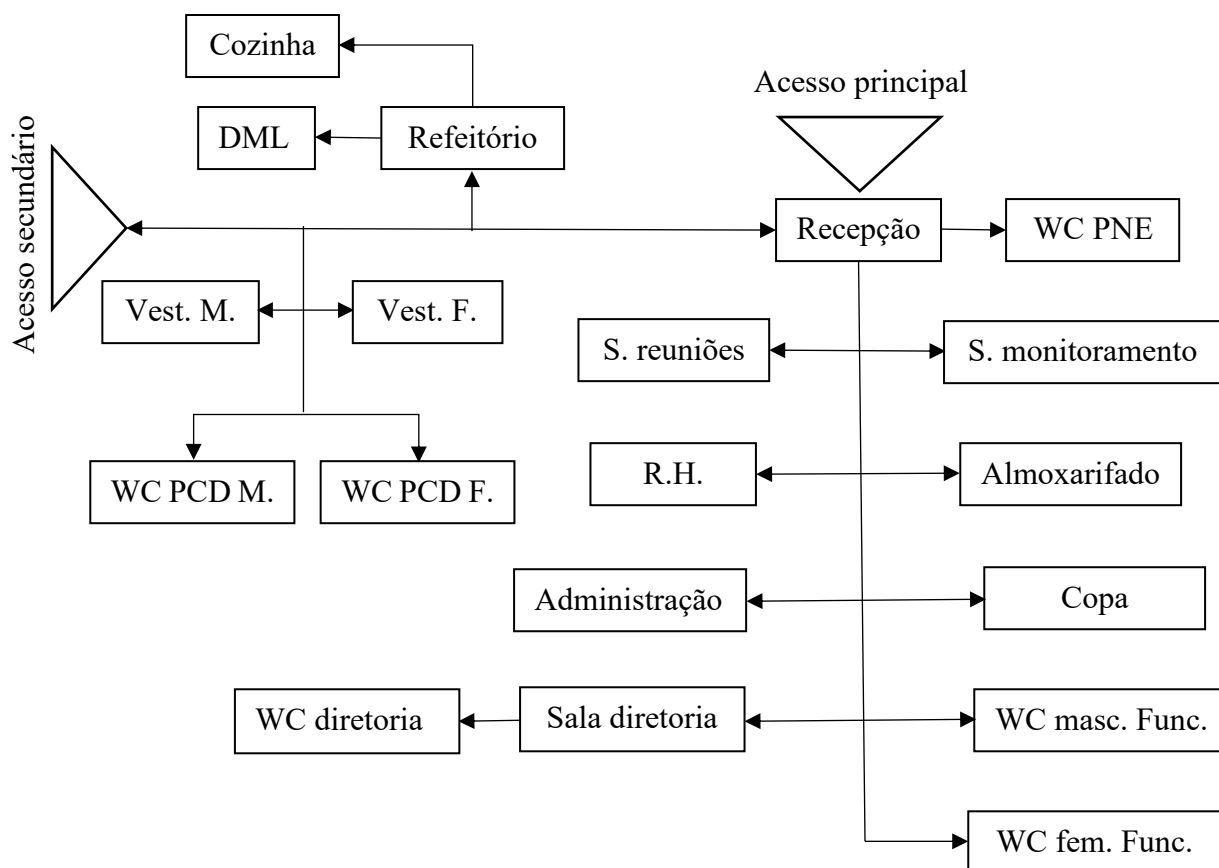


Figura 38 – Fluxograma da Administração da usina

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O planejamento do prédio administrativo segue os princípios de simplicidade, praticidade e economia. O espaço foi organizado visando priorizar a funcionalidade e o fluxo de trabalho, com aproveitamento da área disponível e áreas de circulação bem definidas.

5.3.1 Solução plástica (volumetria)

A forma geométrica da edificação cria um design assimétrico. A composição da forma sugere um equilíbrio entre as linhas retas e curvas, bem como entre os espaços preenchidos e vazios. O edifício apresenta um design moderno, sua volumetria é caracterizada por uma forma

curva, com uma estrutura de telhado ondulada que se estende por toda a construção, criando uma forma dinâmica.

5.3.2 Layout e Setorização

O layout da administração se integra de forma harmoniosa com o ambiente natural. Com 368,07 m², o espaço vai além de abrigar operações corporativas - ele reimagina o conceito de escritório.

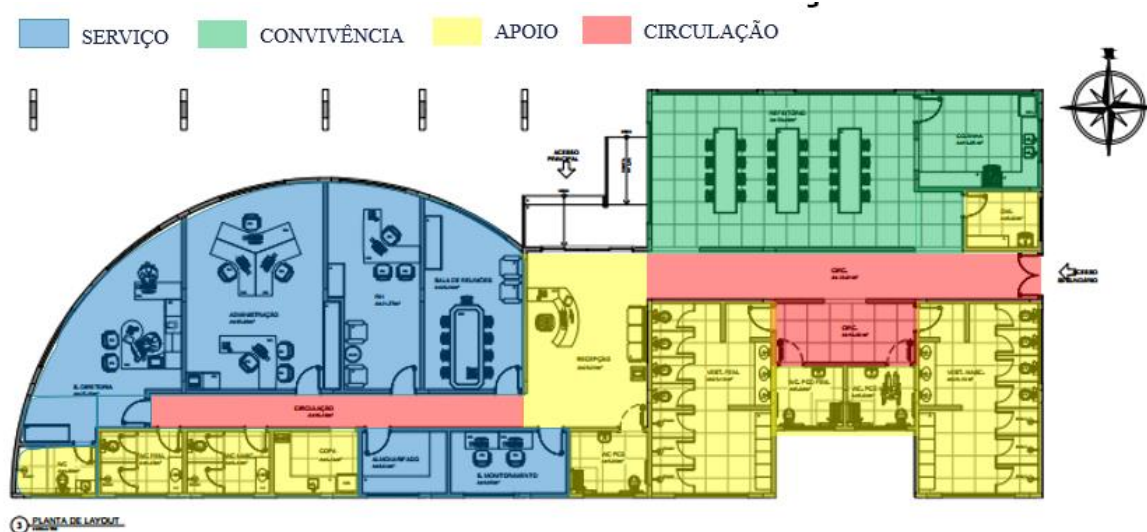


Figura 39 – Layout e setorização do Prédio administrativo

O edifício foi dividido em três setores: Setor de serviços, que inclui: sala de diretoria, sala de administração, RH, sala de reuniões, almoxarifado e sala de monitoramento; o setor de convivência, que contempla o refeitório e cozinha e o setor de apoio, composto pela recepção, copa, DML, banheiros e vestiários. Convém salientar que os vestiários, a cozinha e o refeitório foram projetados para ser usados por todos os funcionários da empresa.

5.3.3 Fachada

Os detalhes na fachada do edifício incluem vários elementos arquitetônicos e design distintos: A cobertura curva é suportada por uma série de estruturas metálicas escoradas sobre pilares de concreto armado, que adicionam um elemento estrutural e estético à fachada. Suas janelas retangulares, dispostas em filas, permitem a entrada de luz natural e oferecem vistas para o exterior, as bôsculas nas janelas foram projetadas para permitir uma boa circulação de ar no ambiente. Com estrutura em grades de alumínio as janelas criam na fachada um design moderno e funcional.



Figura 40 – Fachada do Prédio administrativo

A fachada também apresenta, uma porta de vidro com estrutura semelhante à das janelas e uma marquise de concreto demarcando o acesso principal. As venezianas fixas da fachada, ajudam a manter a qualidade do ar e a temperatura do ambiente, além de contribuir com a estética do edifício. As cores escolhidas dividem a fachada em duas seções; a edificação apresenta também alguns detalhes arquitetônicos menores, como linhas e contornos que também definem suas seções.

5.3.4 Sistema Construtivo

A edificação apresenta um sistema construtivo misto, tendo a cobertura composta por estrutura metálica e telhas termo acústicas que são sustentadas por pilares em concreto armado. As paredes externas e divisões internas são constituídas por alvenaria de vedação.

As janelas da fachada frontal são compostas por molduras de alumínio e várias seções de vidro temperado retangulares. As demais janelas da edificação também são compostas por estrutura de alumínio e folhas de vidro temperado. A porta de acesso principal apresenta a mesma estrutura das janelas da fachada frontal. As demais portas da edificação são de alumínio e madeira. O piso da edificação é todo em granilite, produzindo aos ambientes uma estética marcante e de alta durabilidade.

5.4 Galpão de triagem e galpão armazenagem de produtos pós triados

Os edifícios de triagem e armazenamento de produtos pós triados apresentam volumetria, estrutura, vedação e cobertura semelhantes. O galpão de triagem ficará responsável por fazer a triagem e segregação manual dos RCD, a cobertura do galpão garantirá aos funcionários da empresa proteção contra as intempéries, garantirá também a qualidade dos materiais triados. Já o galpão de armazenagem ficará responsável por armazenar e dar uma destinação final aos RCD de casses B, C e D. Abaixo veremos o fluxo de materiais dentro do Galpão de triagem.

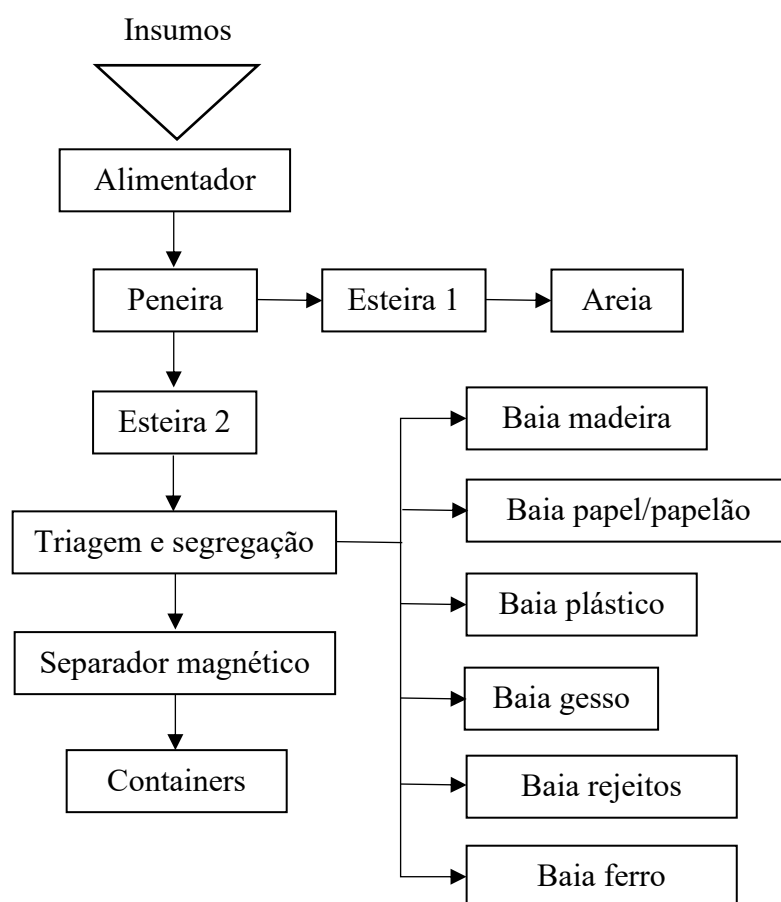


Figura 41 – Fluxograma dos processos do Galpão de triagem

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Assim, todo material pré triado no pátio de recepção será despejado no alimentador por uma pá carregadeira, esse material será enviado para uma peneira que estará ligada a duas esteiras. A primeira esteira receberá os insumos mais finos (areia reciclada) e os conduzirá para uma área, onde ficarão armazenados; já a segunda conduzirá o restante dos entulhos para uma plataforma elevada, local onde os operários realizarão a etapa de triagem e segregação manual

dos produtos, depositando os materiais das classes B, C, D e rejeitos, nas suas respectivas baias. No final da segunda esteira existem separadores magnéticos, responsáveis por remover os metais que estão misturados a matéria prima.

Ao final desse processo todos os resíduos das classes B, C e D serão enviados para o galpão de produtos pós triados, local de onde lhes darão a devida destinação (comercialização ou encaminhamento para outras destinações em atendimento as normas vigentes). Já os resíduos da classe A serão depositados em containers aguardando a etapa de britagem.

5.4.1 Solução plástica (volumetria)

A volumetria de ambos edifícios é definida pela forma curva da cobertura e pelas linhas retas das paredes e pilares, que resultam em edifícios com forma e dimensões bem definidas.

5.4.2 Layout e Setorização

O espaço do galpão de triagem foi pensado visando otimizar a organização e o fluxo de trabalho, tornando o processo de triagem mais eficiente e seguro. Com uma área útil de 800.87 m², o edifício conta com em mezanino, composto por cinco plataformas que servem como espaço de manuseio dos materiais que passam sobre uma esteira transportadora. Abaixo deste, na parte térrea, existem cinco baias que servem para depositar os materiais triados. O mezanino é acessado por uma escada metálica. O galpão conta também com dois banheiros e um DML. A edificação foi dividida em 4 setores: Armazenamento, Circulação, apoio e triagem, conforme representado nas figuras abaixo.

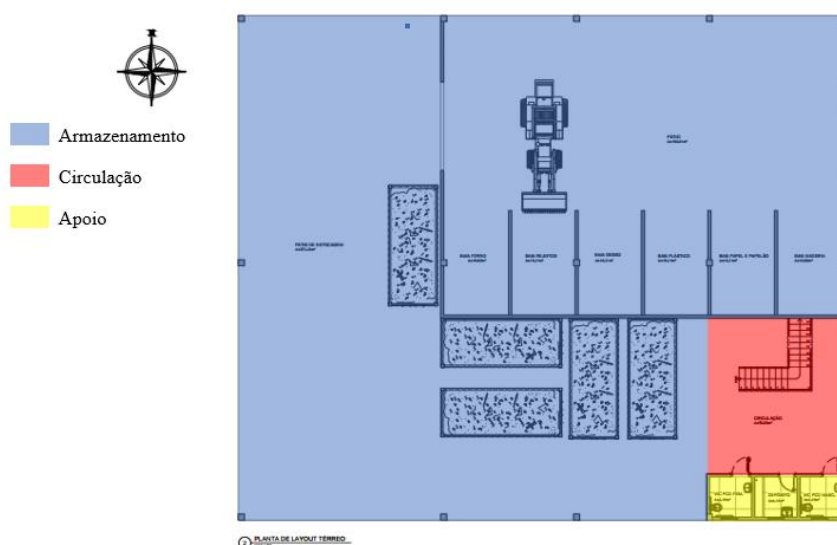


Figura 42 – Layout e setorização do galpão de triagem - Térreo

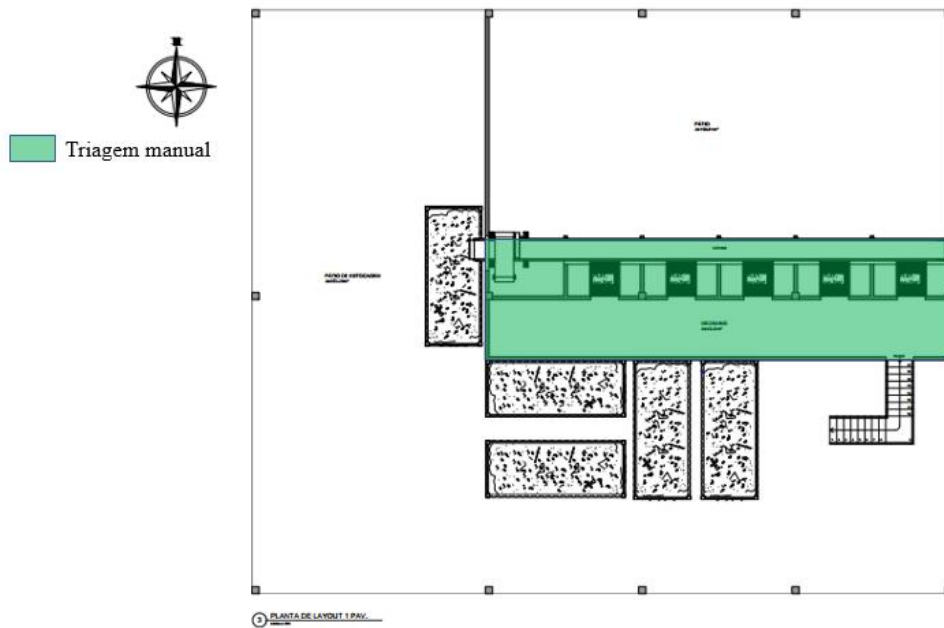


Figura 43 – Layout e setorização do galpão de triagem – Mezanino

O galpão armazenagem de produtos pós triados segue o princípio de simplicidade. O espaço foi organizado visando priorizar o fluxo de materiais. Com uma área útil de 292,54 m², a edificação apresenta um único setor (de armazenamento), com espaço suficiente para armazenar produto de diferentes classes e composições.

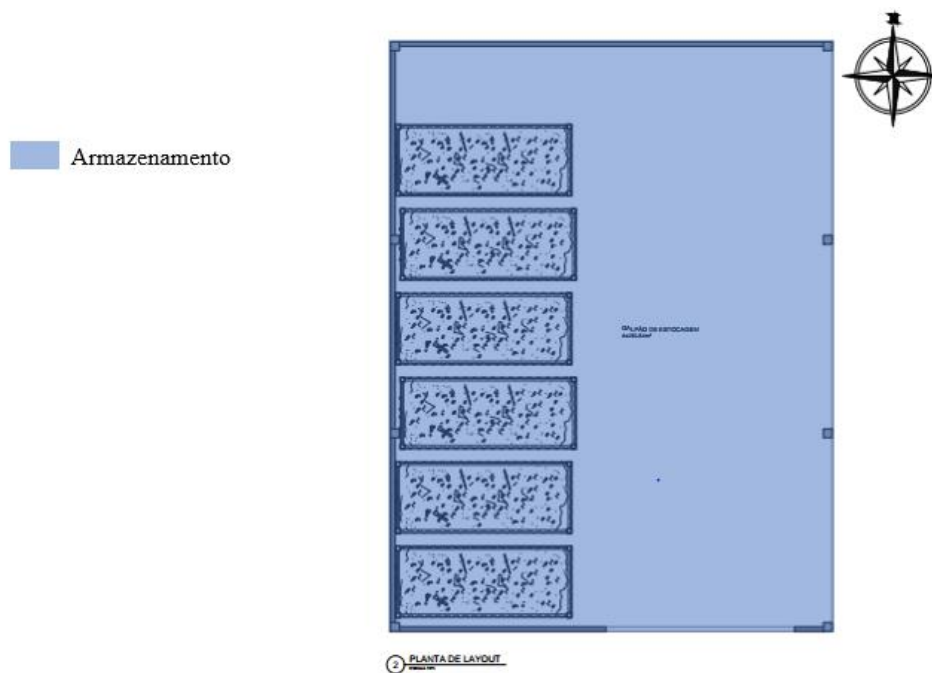


Figura 44 – Layout e setorização do galpão de armazenagem

5.4.3 Fachada

A fachada das duas edificações foi projetada pensando na sua funcionalidade, de modo que oferecesse fácil acesso aos veículos e equipamentos, além de proteção contra intempéries. Com estilo arquitetônico industrial; suas linhas retas, cobertura em arco e materiais como metal e concreto atribuem as edificações um aspecto moderno.



Figura 45 – Fachada do Galpão de Triagem



Figura 46 – Fachada do Galpão de Armazenamento

5.4.4 Sistema Construtivo

Ambos galpões apresentam uma cobertura com estrutura metálica e telhas termo acústicas, sustentadas por pilares de blocos de concreto. A estrutura metálica do telhado se estende por toda área da edificação, proporcionando a ela sombra e proteção. As paredes das duas edificações são constituídas por blocos de concreto. Os materiais escolhidos foram pensados de modo a garantir a resistência e durabilidade.

As duas edificações apresentam aberturas que permitem o acesso de veículos, a movimentação de materiais, a entrada de luz e ventilação natural. O Galpão de triagem apresenta algumas aberturas menores que são responsáveis pela movimentação de materiais através de uma esteira transportadora.

Após a etapa de triagem, os resíduos da classe A serão depositados no alimentador do britador onde será esmagado. Ao final desse processo o material será transformado em fragmentos de vários tamanhos e formas. Na saída do britador os resíduos são depositados em correias, que os transportarão até os separadores magnéticos. Após essa etapa os fragmentos passarão pelo peneiramento, sendo classificados dentro de quatro faixas de granulometria (Areia, Pedrisco, Brita e Rachão).

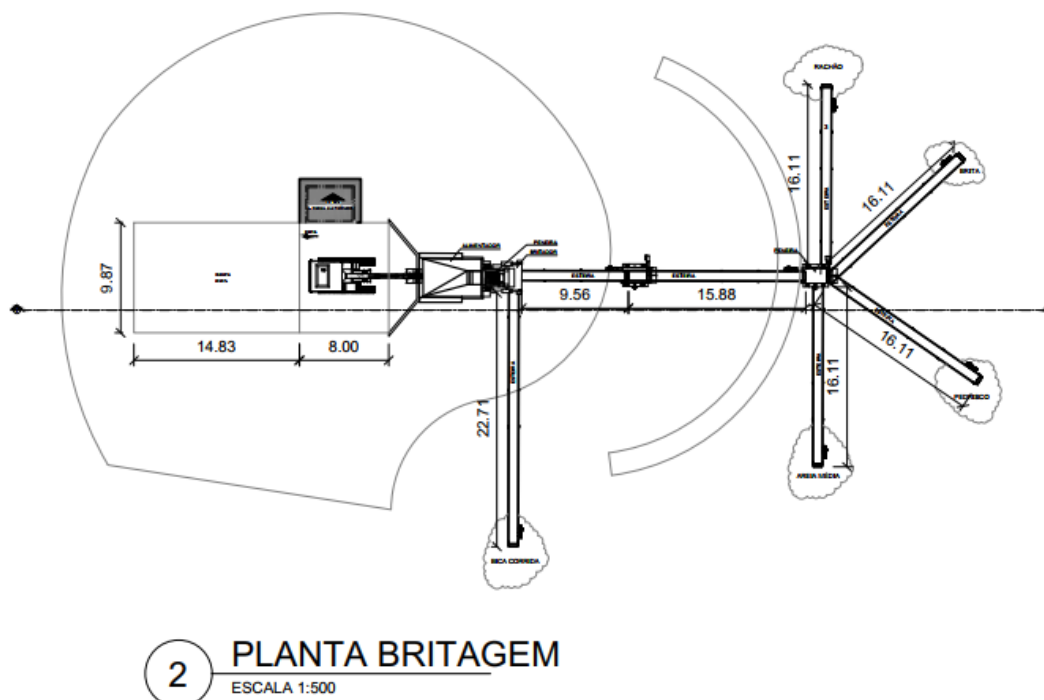


Figura 47 – Planta de britagem

5.5 Fábrica de artefatos de concreto

A usina de reciclagem contará também com uma fabrica de artefatos de concreto, esta ficará responsável por produzir peças pré-moldadas de concreto como: meios-fios, tubos, blocos para pavimentação, blocos para paredes de vedação, elementos para paisagismo e postes para iluminação. O programa de necessidades apontou que seriam necessários alguns ambientes na fábrica que inclui: Recepção, WC PCD, DML, Lavabos masculino e feminino, copa, escritório, almoxarifado, depósito de cimento, laboratório, área de produção, área de armazenamento e área de expedição. O fluxograma a seguir aponta como esses ambientes se relacionam.

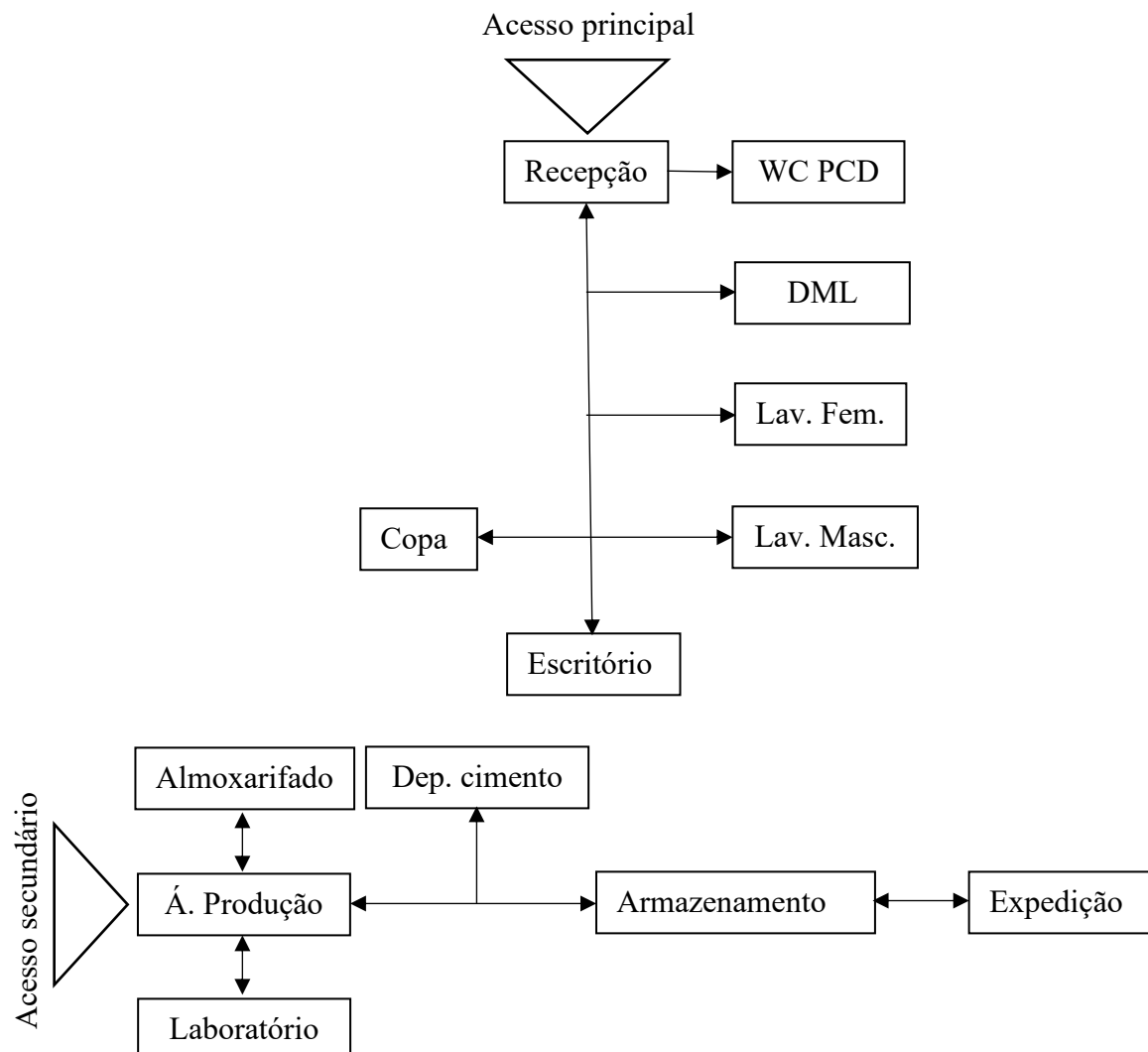


Figura 48 – Fluxograma da Fábrica da usina

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A fábrica terá algumas baias onde serão armazenados areia, pó de pedra e pedrisco (materiais produzidos na usina). O fluxograma a seguir nos oferece uma ideia de como a fábrica funcionará. Os insumos (areia, pó de pedra, pedrisco e cimento) serão lançados em dosadoras por uma pá carregadeira, das dosadoras esses insumos serão despejados em uma esteira até chegar a na peneira; da peneira serão encaminhados para uma esteira que os conduzirá ao misturador, depois serão colocados em uma nova esteira que os transportará até a máquina de blocos, que, a depender da fôrma usada, produzirá diferentes tipos de blocos.

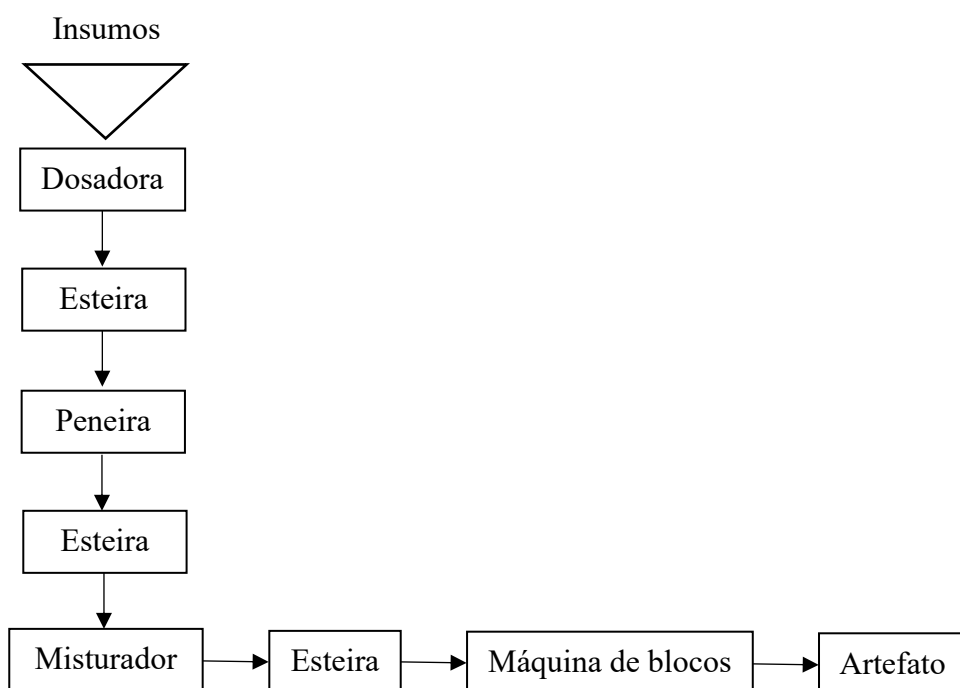


Figura 49 – Fluxograma dos processos da fábrica

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

5.5.1 Solução plástica (volumetria)

A volumetria da fábrica de artefatos de concreto é simples e funcional, com linhas retas e volumes bem definidos, característica comum em construções industriais; o galpão possui um formato retangular com um telhado inclinado.

5.5.2 Layout e Setorização

O edifício possui dois acessos: Acesso principal projetado para atender visitantes e os ocupantes e um acesso secundário, que servirá como entrada de serviços e como acesso restrito a funcionários da empresa. A fábrica dividida em dois setores - Setor de serviços, que inclui:

Laboratório, almoxarifado, escritório, área de produção, armazenamento e expedição e o setor de apoio: composto pela recepção, copa, DML, lavabos masculino e feminino, banheiro PCD e depósito de cimento, além das áreas de circulação. Os setores da fábrica não possuem ligações entre si.

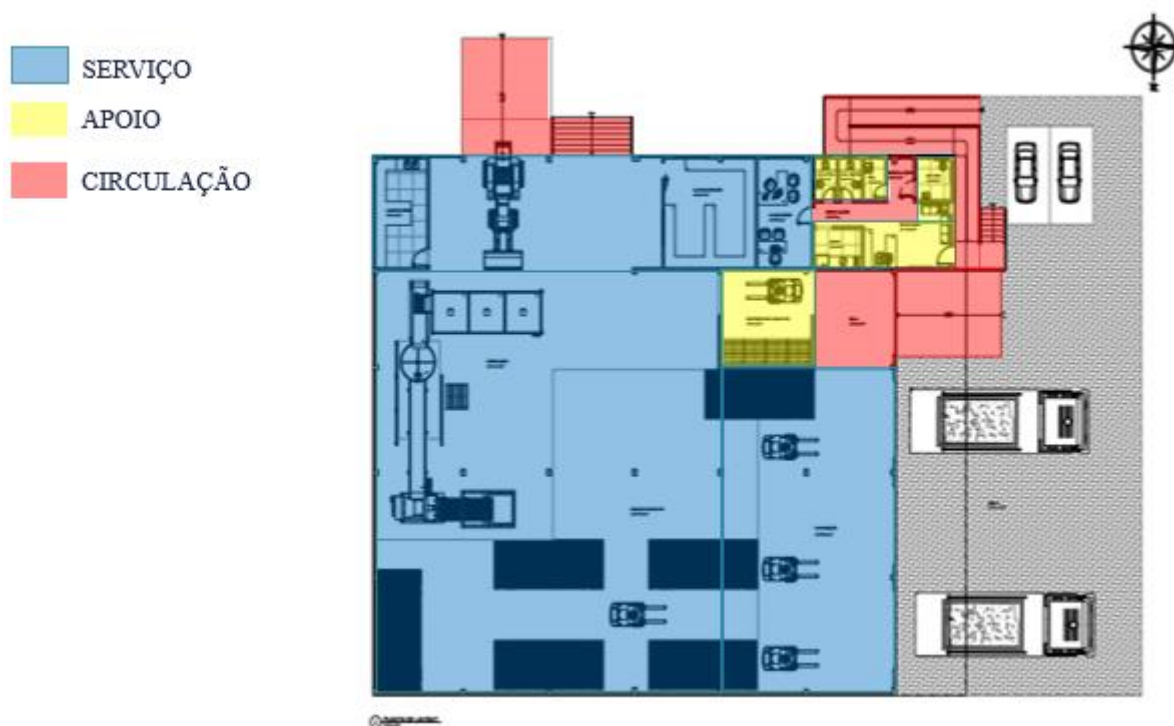


Figura 50 – Layout e setorização da Fábrica de artefatos de concreto

5.5.3 Fachada

O edifício apresenta um design funcional e contemporâneo, com linhas retas e cores neutras, comuns em edifícios industriais. A fachada frontal da edificação apresenta paredes predominantemente cinzas, com quatro grandes portas metálicas, que permitem o fechamento seguro e prático do espaço; uma seção de esquadrias retangulares com estrutura de alumínio e uma porta de vidro, que proporcionam ao edifício iluminação natural e um design moderno.



Figura 51 – Fachada da Fábrica de artefatos de concreto

A cobertura do edifício possui uma estrutura metálica aparente. A fachada também inclui uma escada de acesso com corrimão metálico, uma rampa para carga e descarga de materiais e outra para garantir a acessibilidade. A ausência de detalhes decorativos reforça o caráter utilitário da edificação.

5.5.4 Sistema Construtivo

A edificação possui um sistema construtivo misto, tendo como sustentação pilares em concreto armado que serve de sustentação para a estrutura metálica na cobertura, comum em construções industriais e comerciais devido à sua capacidade de vencer grandes vãos e rapidez de montagem. A fábrica usa em sua cobertura telhas termo acústicas. Suas paredes de vedação, tanto internas, quanto externas, são compostas de blocos de concreto.

Com uma área útil de 815,43 m²; a edificação ainda apresenta portas de alumínio em sua fachada frontal, esquadrias de vidro e uma platibanda em ACM; as janelas existentes no prédio são compostas por molduras de alumínio e vidro, as demais portas do edifício são de madeira.

6. CONCLUSÃO

Não há dúvidas de que a reciclagem é umas das melhores soluções para o problema da disposição final e do reaproveitamento dos RCD. Contudo, essa opção ainda está muito distante de ser uma realidade em vários municípios brasileiros, visto que estes ainda precisam superar diversos empecilhos para implementá-las, dentre estes podemos citar: a falta de conhecimento sobre as tecnologias existentes e as suas formas de aplicação, o alto investimento inicial para

pôr em prática o funcionamento de usinas de reciclagens; o que torna o segmento da reciclagem de resíduos da construção e demolição no Brasil bastante fragilizado.

Esses fatos demonstram a necessidade de estudos que ofereçam uma melhor organização e orientação sobre a destinação dos materiais de construção e demolição descartados nas cidades. Por isso, deixamos como sugestão para trabalhos futuros: a realização de estudos que ofereçam um melhor diagnóstico local, identificando aspectos referentes aos RCD tais como origem, taxa de geração, agentes envolvidos na geração e coleta, destinação final, composição entre outros. Acreditamos que esses estudos servirão de base para o dimensionamento de ações para o atendimento da resolução vigente.

REFERÊNCIAS

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. (2016). Panorama das usinas de reciclagem de RCD no Brasil: A Pesquisa Setorial ABRECON 2014/2015. São Paulo. SP.

ALMEIDA, Ana Victoria da Costa. Diagnóstico da reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos de construção civil pelas cooperativas de reciclagem no município de Belém-PA. 2019. 99p. Dissertação. (mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará, Pará.

ALVES, Marcos Rafael. Et al. A reciclagem e reaproveitamento no uso de resíduos da construção e demolição: criando novos produtos. 2015. In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga. Disponível em: <www.fatectq.edu.br/simtec> 13p. Acesso em: 3 fev. 2022.

ANGULO, S. C. Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de suas Características no Comportamento Mecânico dos Concretos. São Paulo, 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro 2004.

BAASCH, S. S. N. Um sistema de suporte multicritério aplicado na gestão dos resíduos sólidos nos municípios catarinenses. 1995. Tese (Doutorado). Escola de engenharia, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BARROS, Carolina. APO – Introdução aos materiais de construção e normalização – A evolução dos materiais de construção. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/8653829-Apo-introducao-aos-materiais-de-construcao-e-normalizacao-materiais-de-construcao.html>> Acesso em: 29 set. 2021.

BOHNENBERGER, J. C.; PIMENTA, J. F. de P.; ABREU, M. V. S.; COMINI, U. B.; CALIJURI, M. L.; MORAES, A. P. de; PEREIRA, I. da S. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 299-311, jan./mar. 2018.

BORGES, Janaina Brum Gularte. Et al. Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil atuando no desenvolvimento Sustentável dos municípios. 4º SEMINÁRIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, nov. 2015, Passo Fundo (RS).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. CONAMA, 2002. 1 CD.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 348, de 17 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da União nº 158, Brasília, DF, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, página 70. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>> Acesso em: 14 mar. 2022.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº. 431, de 25 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>> Acesso em: 14 mar. 2022.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº. 469, de 30 de julho de 2015. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, considerando que as embalagens de tintas vazias usadas na construção civil serão submetidas ao sistema de logística reversa. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/component/sisconama/?view=atosnormativos>> Acesso em: 14 mar. 2022.

_____, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRASILEIRO, L. L.; MATOS J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Piauí. Revista CERÂMICA, Vol. 61, 2015.

CASSA, J. C. S.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDUFPA; Caixa Econômica Federal 2001. 312 p.

CALÇADA, Paulo de Azevedo Branco. Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade. 2014. 90 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ.

CARDOSO, Afrodite da Conceição FABIANA. Et al. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. Março, n.31, 2014, p. 1 – 10.

CARDOSO, Ana Cláudia; FERNANDES, Danilo Araújo; LIMA, José Júlio Ferreira. Região metropolitana de Belém: um balanço de quatro décadas. IN: CARDOSO, Ana Cláudia; LIMA, José Júlio Ferreira (editores). Belém: transformações na ordem urbana. 1 ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015.

CARDOSO, Emile Lebrege. Et al. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no município de Belém, Pará, Brasil: Vantagens e desafios da sua implementação. Revista S&G, v. 15, n. 2, 2020, p. 93 -102.

CASTRO, Cristina Xavier de. Gestão de Resíduos na Construção Civil, 2012. 54 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

COELHO, Ruy Duarte. Estudo do processo de reciclagem de resíduos sólidos provenientes da construção civil com avaliação quantitativa dos produtos resultantes. 2014. 69 p. Monografia de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307. Brasília, DF. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acesso em: 29 set. 2021.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>> Acesso em: 14 mar. 2022.

COSTA, Carla S. C. Et al. Política nacional de resíduos sólidos: um estudo de caso sobre a implementação do aterro sanitário no município de esperança – PB. 2020. Anais. XXII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, SP, Brasil.

CTRP – Central de Tratamento de Resíduos Petrolina S/A. Disponível em: <<http://www.ctrpetrolina.com.br/index.php?pagina=empresa>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

CUNHA, Nelma Almeida. Resíduos da construção civil análise de usinas de reciclagem. Campinas, 2007, 166p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.

DANTAS, T. R. Diagnóstico da situação dos resíduos de construção civil (RCC) no município de angicos (RN). Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciência e Tecnologia. Angicos/RN: UFERSA, 2011.

DINIZ, Irandir de Castro. et al. Impactos ambientais causados por resíduos de construção na cidade de Belém, “a metrópole da Amazônia”. Belém, 2021.

ELAINE, V. et al. MARE - Manual de Aplicação de Agregado Reciclado. [s.l.] ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, 2020.

EVANGELISTA, Patricia Pereira de Abreu; et al. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, 2010, p. 23-40.

FERNANDES, Bruna Cristina Mirandola. A utilização de resíduos da construção civil e demolição – RCD – como agregado para o concreto. 2015. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário de Formiga – UNIFOR – MG.

FERNANDES, B. B.; TEIXEIRA, M. C. A Reutilização de Materiais na construção civil. Trabalho apresentado ao curso de graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2006.

FRASSON, Sueli Aparecida. Caracterização de usinas de reciclagem de entulho como agentes na gestão circular dos resíduos da construção civil. 2017. 153 p. Dissertação. (mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade). Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo.

FREIRE, Tatyleno do Socorro Campos. A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Belém: uma análise do gerenciamento e da possibilidade de geração de renda através da reciclagem de resíduos sólidos (1997/2010). 2010. 121 p. Dissertação. (mestrado em desenvolvimento sustentável). Universidade Federal do Pará – UFPA, Pará.

FREITAS, Carolina Larissa Vasconcelos e. Reciclagem de resíduos de construção e demolição em Petrolina – PE. 2014. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro – BA.

FREITAS, C. L. V. et al. Reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD): um estudo de caso na usina de beneficiamento de resíduos de Petrolina – PE. *Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 93-109, jan./abr. 2016.

FREITAS, M. I. (2009). Os resíduos de construção civil no município de Araraquara. São Paulo, 2009, 89p. Dissertação de mestrado apresentada ao Centro Universitário de Araraquara – UNIARA.

G1. (2021). Pará é o estado que menos recicla no Brasil. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2021/06/06/para-e-o-estado-que-menos-recicla-no-brasil.ghtml>>. Acesso em: 17 de jul. de 2022.

JADOVISKI, Iuri. Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. Porto Alegre, 2005, 178p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

JOHN, V. M. Aproveitamento de Resíduos Sólidos como Materiais de Construção. In: *Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais de Construção: Projeto Entulho Bom*. Salvador: EDUFBA (Editora da Universidade Federal da Bahia), 2001. p. 26-45.

KARPINSKI, Luisete Andreis. Proposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de passo fundo – RS. 2007. 13p. Dissertação. (Mestrado em engenharia). Faculdade de engenharia e arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

LEITE, João Alex Garcia. Gestão dos resíduos de construção civil procedentes de pequenas construções no Município de Belém- Pa. 2019. 112 p. Dissertação. (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará – UFPA, Pará.

LEVY, S. M. Materiais reciclados na construção civil. In: *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: IBRACON, 2007. cap. 49, p.1629 - 1657.

LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. (2002). Evolução histórica da utilização do concreto como material de construção. *Boletim Técnico da Escola Politécnica – USP*. São Paulo.

LIMA, L.R. S., PEREIRA, B. F. Sustentabilidade na construção civil – análise e proposta de solução para a produção de entulho classe a (caliça) na região metropolitana de Belém. 2013. 75f. Trabalho de conclusão de curso (engenharia civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

LINDOSO, B. M. BRASÍLIA. Secretária de Educação Média e Tecnológica. Educação profissional: referencias curriculares nacionais da educação profissional de nível técnico. Área da construção civil. BRASILIA: MEC, 2000. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/consteiv.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

LIPPEL. Website corporativo. Moinho de Martelo MML 1110. Disponível em: <<https://www.lippel.com.br/moinhos-de-martelos/moinho-de-martelo-mml-1110/>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

LINTEC-IXON - 2014. Lx tgs max semimóvel (TO GO). Disponível em: <<https://www.lintec-ixon.com.br/pt/produto/centrais-dosadoras-semimoveis/lx-tgs-max-semimovel-to-go>> Acesso em: 21 jan. 2022.

LOBATO, Camila Cristina Soares; TAVARES, Lígia Conceição. Problemas causados pelo Lixão do Aurá. congresso norte e nordeste de pesquisa e inovação. Tocantins: VII CONNEP, 2012. Disponível em: <<https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4878/2385>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

MAIA, M. E., GAIA, A. Impactos ambientais causados pelos resíduos de construção civil no município de Belém-Pa. 2012. 58 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia civil). Universidade da Amazônia. Belém-Pa. 2012.

MALHEIROS, S. L. N. S. Estudo Para Implantação de Usina de Reciclagem de Resíduos Classe A da Construção Civil No Município De Porto Velho/RO. 2015. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Fundação Universidade Federal de Rondônia – RO.

MANFRENATO, J.W.S., ESGUÍCERO, F.J., MARTINS, B.L. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil como ação para o desenvolvimento sustentável - estudo de caso. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Rio de Janeiro, 12p. 2008.

MARTINS AMBIENTAL. Website corporativo. 2019. Disponível em: <<https://i2.wp.com/www.locacoesmartins.com.br/wp-content/uploads/2020/06/NoPath-Copy-36.png?fit=398%2C282&ssl=1>>. Acesso em 3 fev. 2022.

MELO, Adriana Virgínia Santana. Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. 2011. 232 p. Dissertação. (mestrado em engenharia ambiental urbano). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador.

MESQUITA, A. S. G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina. Piauí. Revista HOLOS, Ano 28, Vol. 2, 2012.

METALMAG. Website corporativo. Separadores magnéticos suspensos (Extratores de Sucata). Disponível em: <<https://catalogo.metalmag.com.br/product/separadores-magneticos-de-limpeza-manual/sep-magneticos-suspensos-extratores-de-sucata->>> Acesso em: 3 fev. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: MMA, 2019b. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>> Acesso: 27 abr. 2022.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Élcio Duduchi. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. REVISTA Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

NAVARRO, R.F. A Evolução dos Materiais - Parte1: da Pré-história ao Início da Era Moderna. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Campina Grande-PB: junho, v.1, n. 1, 2006, p. 01-11. Disponível em: <<https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/32246.pdf>> Acesso em 6 out. 2021.

NUNES, K.R.A. Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição. 2004. 218 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção). Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O LIBERAL, 2021. Belém produz mil toneladas de lixo por dia e tem 100 pontos críticos de descarte ilegal. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/belem/belem-produz-mil-toneladas-de-lixo-por-dia-e-tem-100-pontos-criticos-de-descarte-ilegal-1.438270>> Matéria publicada em 25.09.2021. Acesso em: 17 de jul. de 2022.

OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita de. Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações. 2015. 114 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ.

PAULA, P. R. F. de. Utilização dos resíduos da construção civil na produção de argamassa sem função estrutural. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre. Et al. Usinas de reciclagem de entulho como alternativa na redução dos impactos da construção civil: um estudo de caso da usina Cabuçu/Guarulhos. 2014. Anais. XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, SP, Brasil.

PEREIRA, Carla Maria Peixoto; CUNHA JÚNIOR, Astolfo Sacramento. Grandes intervenções urbanas e impactos socioambientais: Reflexões sobre o caso do aterro sanitário de Marituba/Pa. Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade, Goiânia, v. 5, n. 1, 2019, p. 25 - 43.

PIANOVSKI, Isis da Silva Fernandes. Estudo da viabilidade de implantação de uma usina de resíduos sólidos da construção civil em porto velho. 2015. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e Letras de Rondônia – FARO.

PINHEIRO, Janary Fonseca. Avaliação do fechamento do lixão do Aurá do município de Belém/PA. PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2019 Disponível em: <<https://saneamentobasico.com.br/acervo-tecnico/avaliacao-fechamento-lixao-aura/>>. Acesso em: 8 nov. 2022.

PINTO, Tarcísio de Paula. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189 p. Tese (Doutorado em engenharia civil). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Brasília: CEF, 2005. v. 1. 196 p. (Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, v. 1).

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO PORTO VELHO – RO. Diagnóstico técnico participativo dos serviços de saneamento básico. Rondônia, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. Revisão do Plano municipal de saneamento básico, do plano de gestão integrada de resíduos sólidos e respectivas políticas municipais. Belém, 2020.

PRS – Processadora de Resíduos Sólidos. Projeto de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil em Porto Velho. 2014. Disponível em: <<https://prsrecicladora.com.br/producoes-academicas/>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PRS - Portal de Resíduos Sólidos. Reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil. 2014. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>> Acesso em: 21 jan. 2022.

RABELO, D. Ideias de negócios sustentáveis: Coleta e reciclagem de resíduos da construção civil. SEBRAE BRASÍLIA DF, Brasília, 2012.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. Materiais de Construção Civil. 2ª. ED. Belo Horizonte/MG: Editora UFMG: Escola de Engenharia da UFMG, 2002.

ROSA, M. P. Viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil produzidos em Florianópolis-SC. 2005. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SANJAD, Heitor Capela. Reciclagem como alternativa para a eficiência e sustentabilidade econômica no setor de resíduos sólidos urbanos do município de Belém – Pa. 2018. 136 p. Dissertação. (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará – UFPA, Pará.

SANTO, Vanusa Carla Pereira. Aurá de Gentes, Lixo e Água: Ação Pública e Racionalidades em confronto em Belém (Pa). Revista de Direito da Cidade. vol.06, nº01, 2014, p. 65 – 89.

SANTOS, Almai do Nascimento dos. Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE). Recife, 2008, 111p. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica de Pernambuco.

SANTOS, Ibrahim Neres Martins. Análise da gestão dos resíduos de construção e demolição no município de Porto Velho/RO: um estudo de caso. Porto Velho, 2017, 63p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade de Rondônia - FARO/Instituto João Neórico.

SANTOS, Rebeca Amorim dos. Meio ambiente e a problemática dos resíduos da construção civil- gerenciamento na cidade de Brasília. 2019. 68 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário de Brasília – UNICEUB, Brasília.

SANTOS, Vanusa Carla Pereira. Gestão dos resíduos sólidos em Belém: coleta seletiva, impactos ambientais e a utilização dos métodos de valoração econômica. 2º Congresso Sul-Americano de resíduos sólidos e sustentabilidade. Mar. 2019.

SCHNEIDER, Dan Moche; PHILIPPI JR., Arlindo. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 21-32, out./dez. 2004.

SEDAM - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Plano estadual de resíduos sólidos do estado de Rondônia. Rondônia, 2020.

SEINFRA - Secretaria Municipal de Infraestrutura, Mobilidade e Serviços Públicos. Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos PMGIRS - PETROLINA/PE. Pernambuco, 2019.

SEGANTINI, A, A, S; WADA, P, H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. Acta Scientiarum Technology, v.33, n.2, p.179-183, 2011.

SILVA, A. M.; SANTOS, A. A. V. Reciclagem e Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil em São Luís – MA: um processo sustentável. REVISTA DO CEDS Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB N. 1 agosto/dezembro 2014 – Semestral. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/15863014-Reciclagem-e-reaproveitamento-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-em-sao-luis-ma-um-processo-sustentavel-1.html>>. Acesso em: 7 mar. 2022.

SILVA, Otavio Henrique da et al. Etapas do gerenciamento de RCC. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Ed. Especial GIAU-UEM, Maringá – PR Santa Maria, v. 19, 2015, p. 39 - 48.

SILVA, Samalei Luz Natal Malheiros da. Estudo para implantação de usina de reciclagem de resíduos classe A da construção civil no município de Porto Velho/RO. 2015. 55 p. (Monografia de conclusão de curso). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho/ RO.

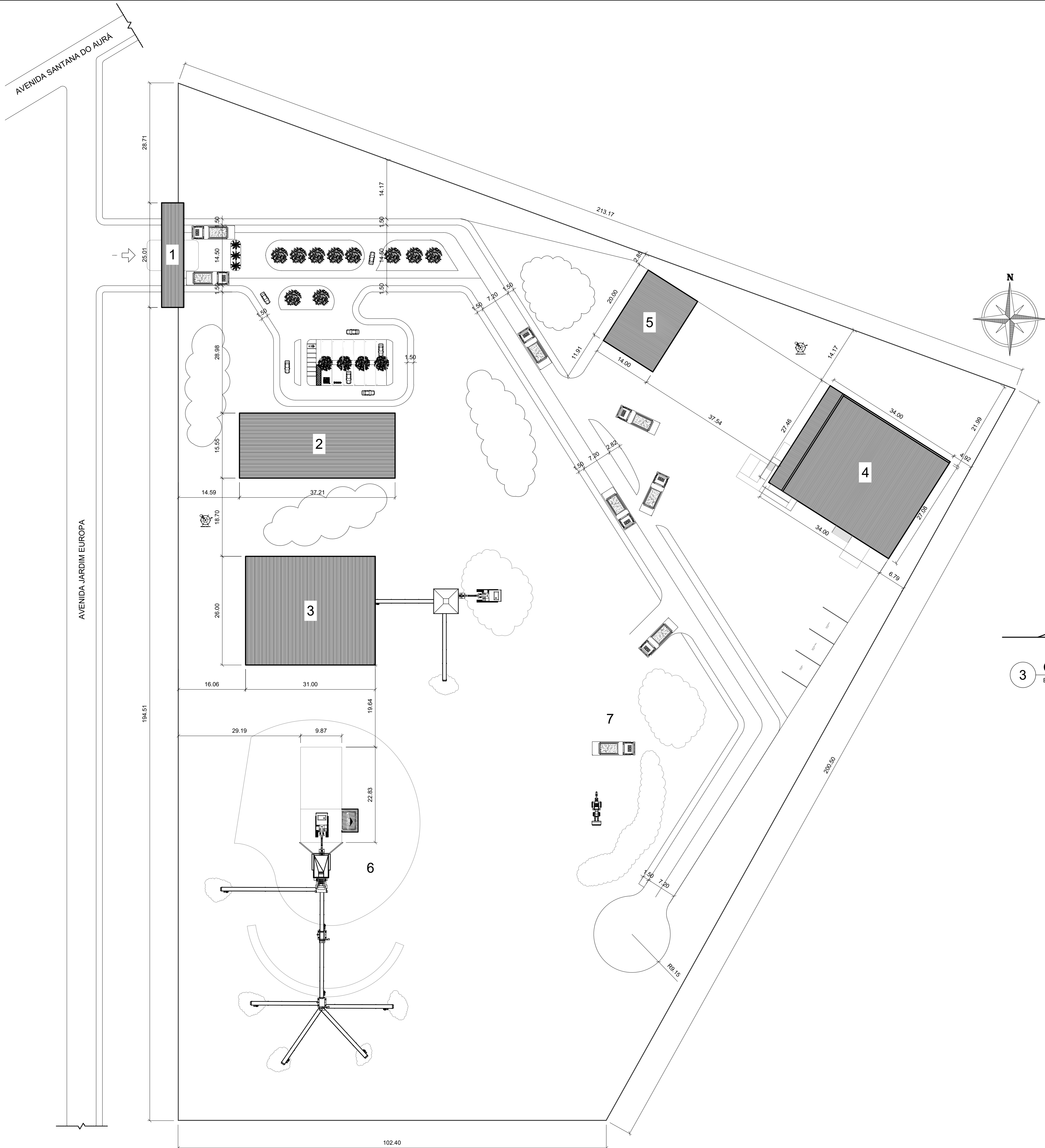
SIQUEIRA, Rafaela Ribeiro. Análise para implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil em Tucuruí - Pa. Pará, 2018, 97p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará.

SOBRAL, Ricardo Franklin Cavalcanti. Viabilidade econômica de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil: Estudo de caso da USIBEN – João Pessoa/PB. 2012. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Saneamento Ambiental-PPGEUA) – Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa, 2012. 114p.

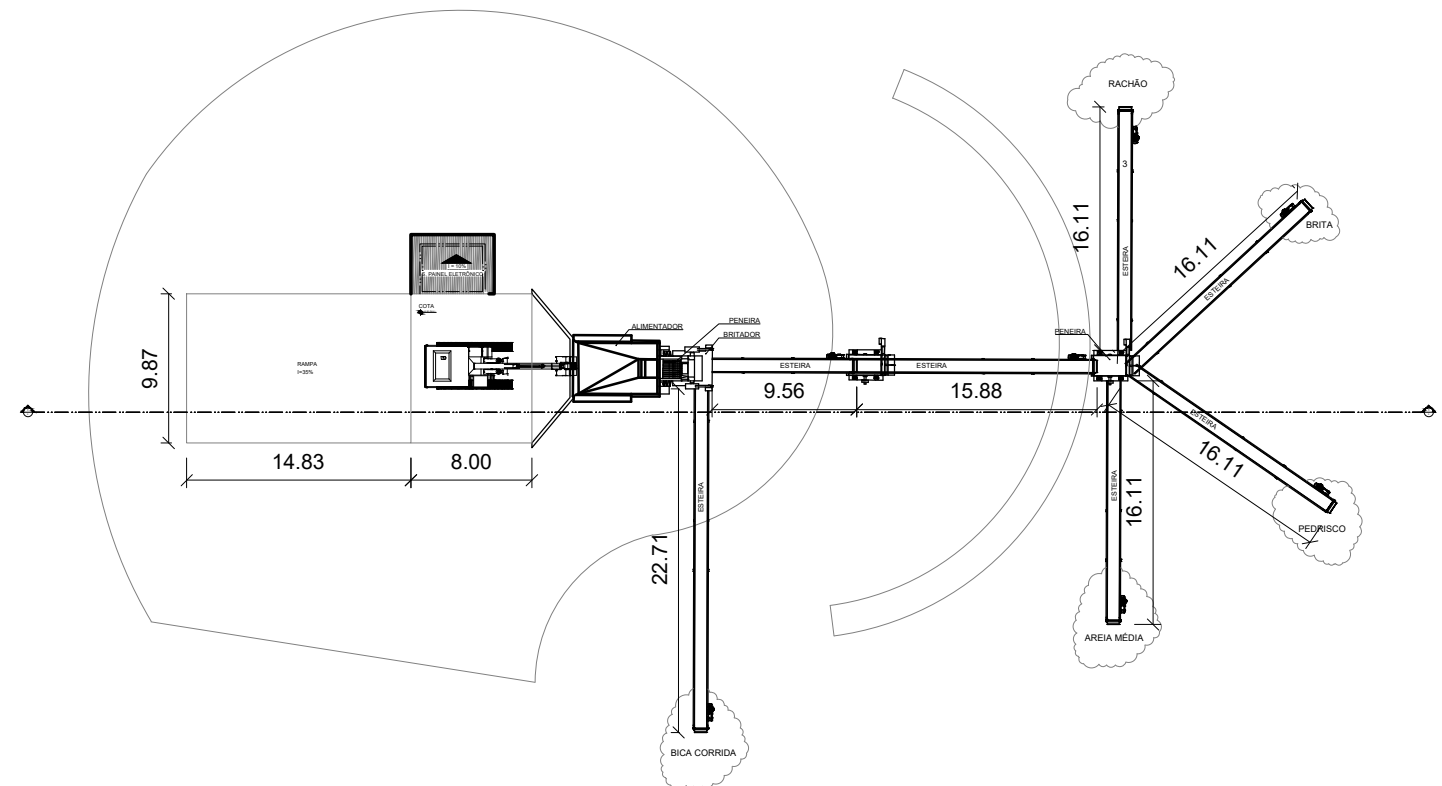
TELEDETRITUS. Como funciona a reciclagem de resíduos sólidos da construção civil?. 2020. Disponível em: <<https://teledetritus.com.br/como-funciona-a-reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 20 Jan. 2022.

YLS. Website corporativo. Usina de reciclagem de entulho (RCC). Disponível em: <<https://www.yls.net.br/trituradores2.html>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

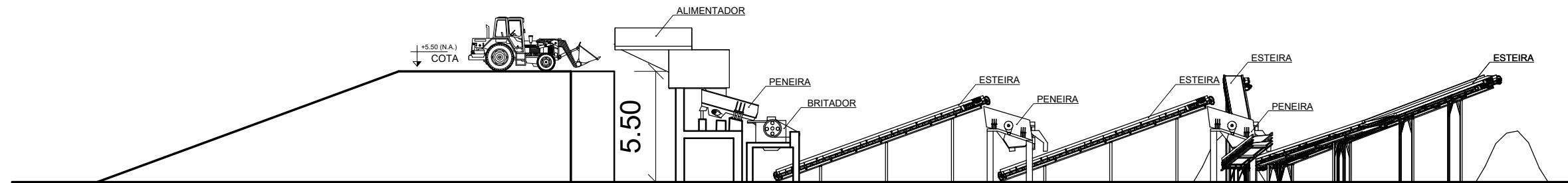
ANEXOS



1 IMPLANTAÇÃO
ESCALA 1:500



2 PLANTA BRITAGEM
ESCALA 1:500



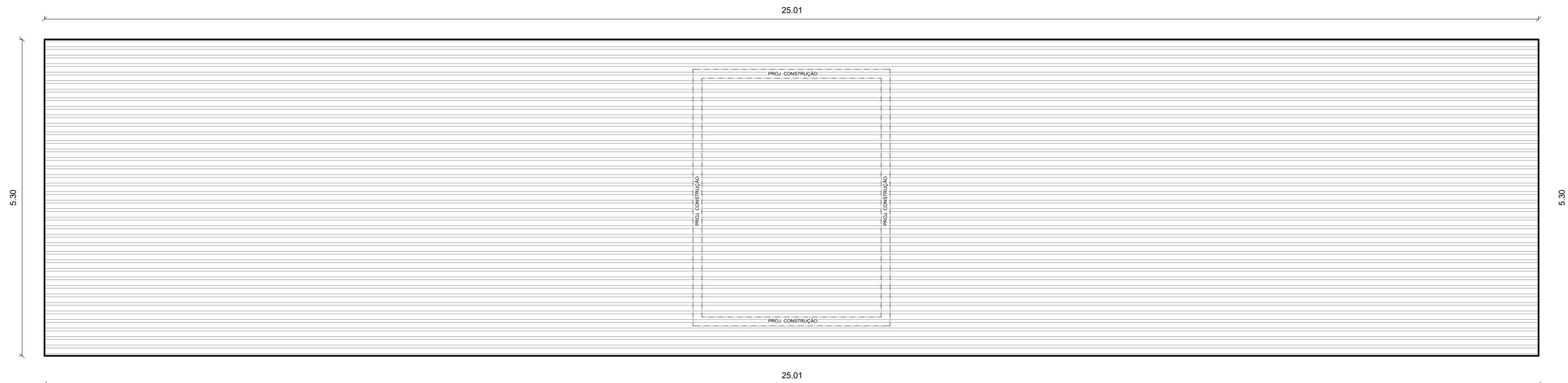
3 CORTE LONGITUDINAL
ESCALA 1:250

LEGENDA	
1	RECEPÇÃO
2	ADMINISTRAÇÃO
3	GALPÃO TRIAGEM
4	FÁBRICA
5	GALPÃO ARMAZENAGEM
6	ÁREA BRITAGEM
7	PÁTIO RECEPÇÃO DE ENTULHO

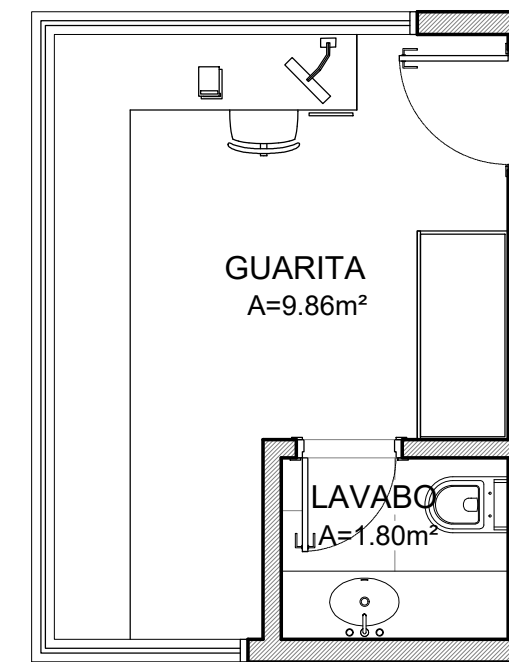
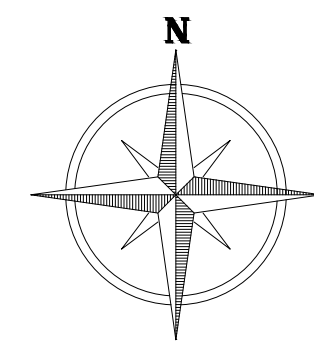
QUADRO DAS ÁREAS (m²)	
TERRENO	15 ha
CONSTRUÇÃO	
GUARITA	11,66
ADMINISTRAÇÃO	368,07
FÁBRICA	815,43
GALPÃO ARMAZENAGEM	292,54
GALPÃO TRIAGEM	800,87
TOTAL	2.288,57

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

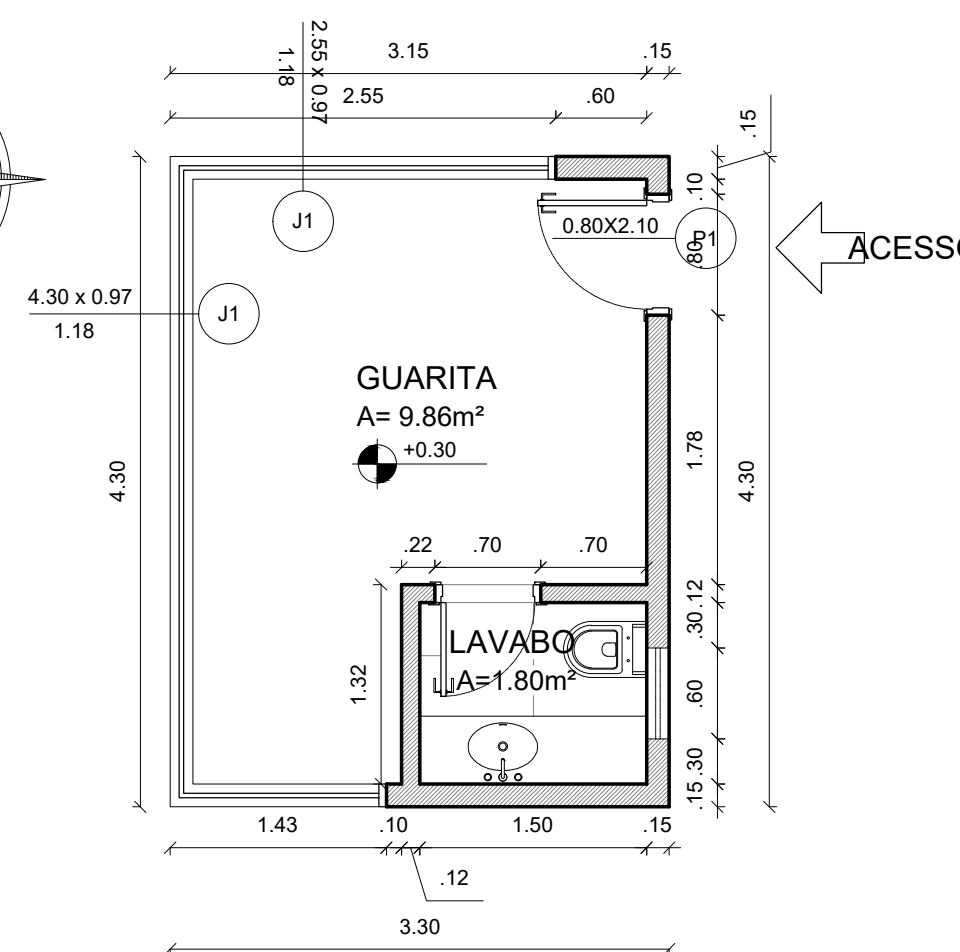
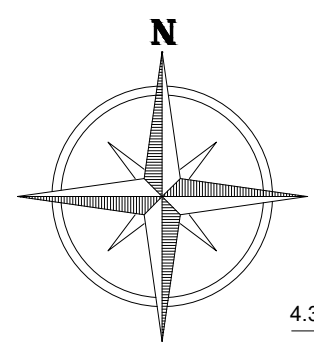
CURSO:	ARQUITETURA E URBANISMO	
DISCIPLINA:	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC II	TURNO: MATUTINO
DOCENTE:	GISA BASSALO	
ASSUNTO:	IMPLANTAÇÃO	
ALUNO:	LENILSON DIAS DOS SANTOS	DATA: 25/03/2025
ESCALA:	1:500	FOLHA: 01/01



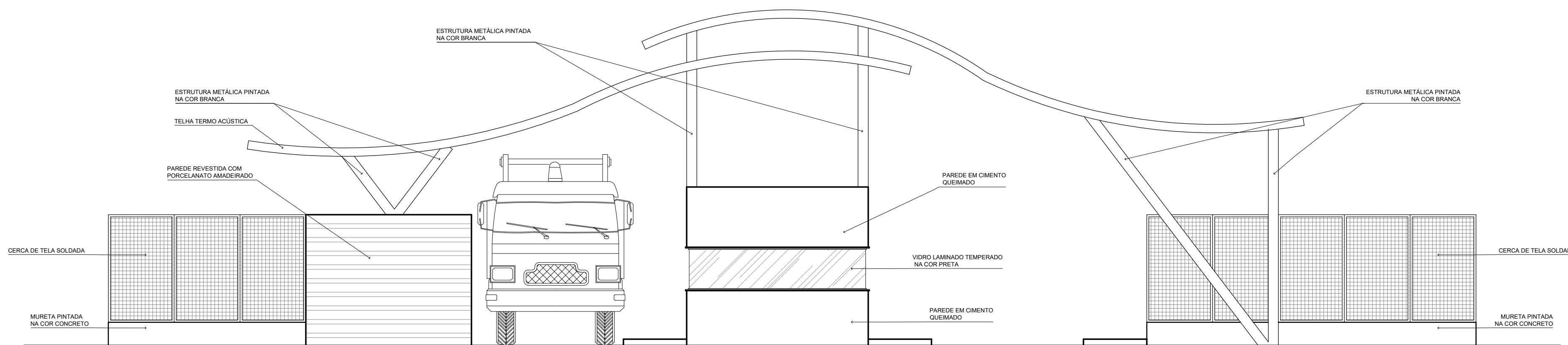
1 PLANTA DE COBERTURA
ESCALA 1:50



2 PLANTA DE LAYOUT
ESCALA 1:50



3 PLANTA BAIXA
ESCALA 1:50



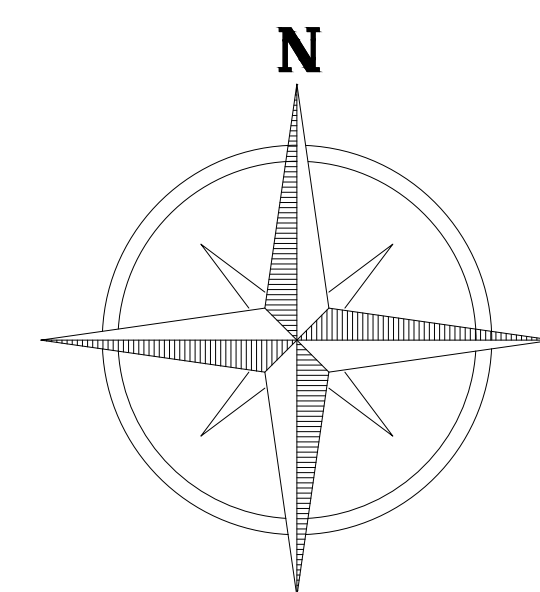
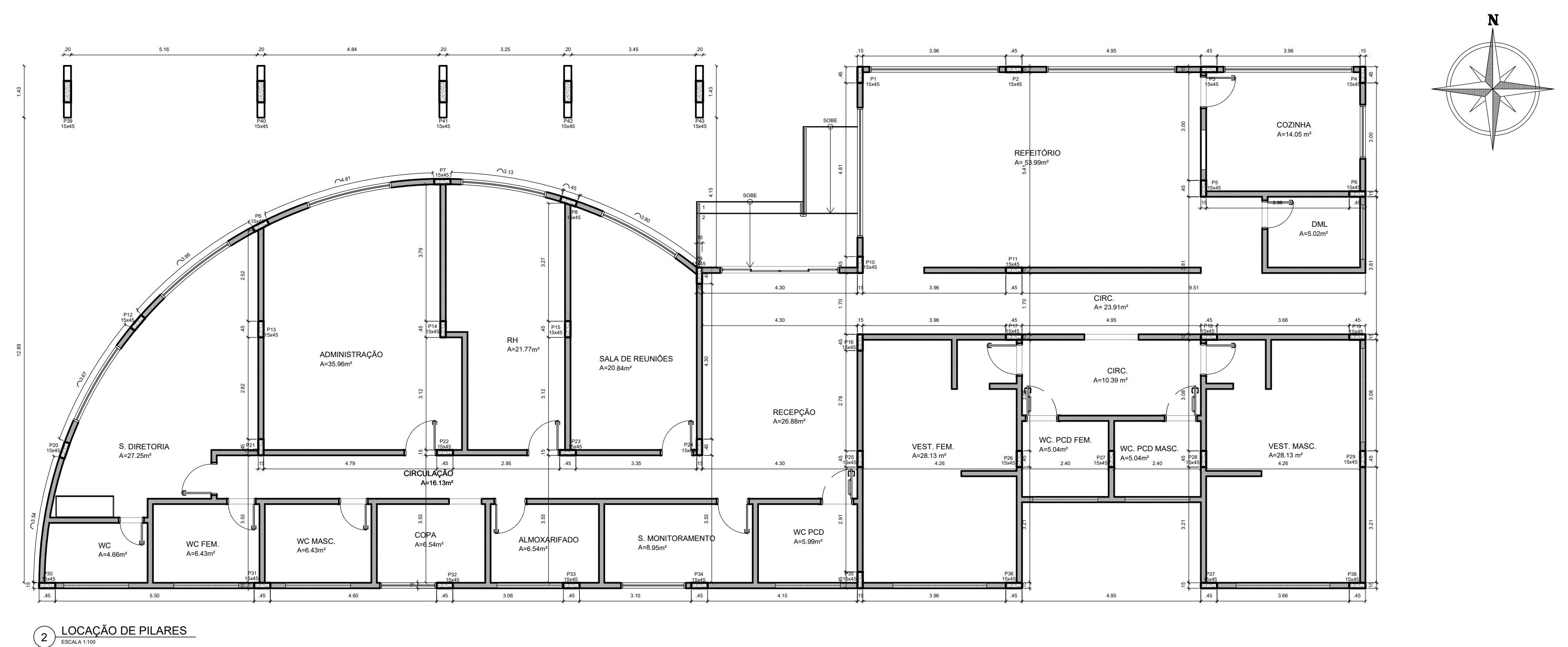
4 FACHADA FRONTAL
ESCALA 1:75

QUADRO DE ESQUADRIAS				
JANELAS				
CÓDIGO	DIMENSÕES			MODELO
	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	
J1	4.50	0.97	1.18	JANELA DE CORREIO COM ESTRUTURA DE ALUMÍNIO, COBERTA POR 2 FOLHAS DE VIDRO TEMPERADO - COR A QUATRO
J1	2.55	0.97	1.18	JANELA FINA COM BACULOS E ESTRUTURA DE ALUMÍNIO E VIDRO TEMPERADO - COR A QUATRO

PORTAS				
CÓDIGO	DIMENSÕES			MODELO
	LARGURA	ALTURA		
P1	0.70	2.10		PORTA EXTERNA DE ABIR EM COM ESTRUTURA DE ALUMÍNIO

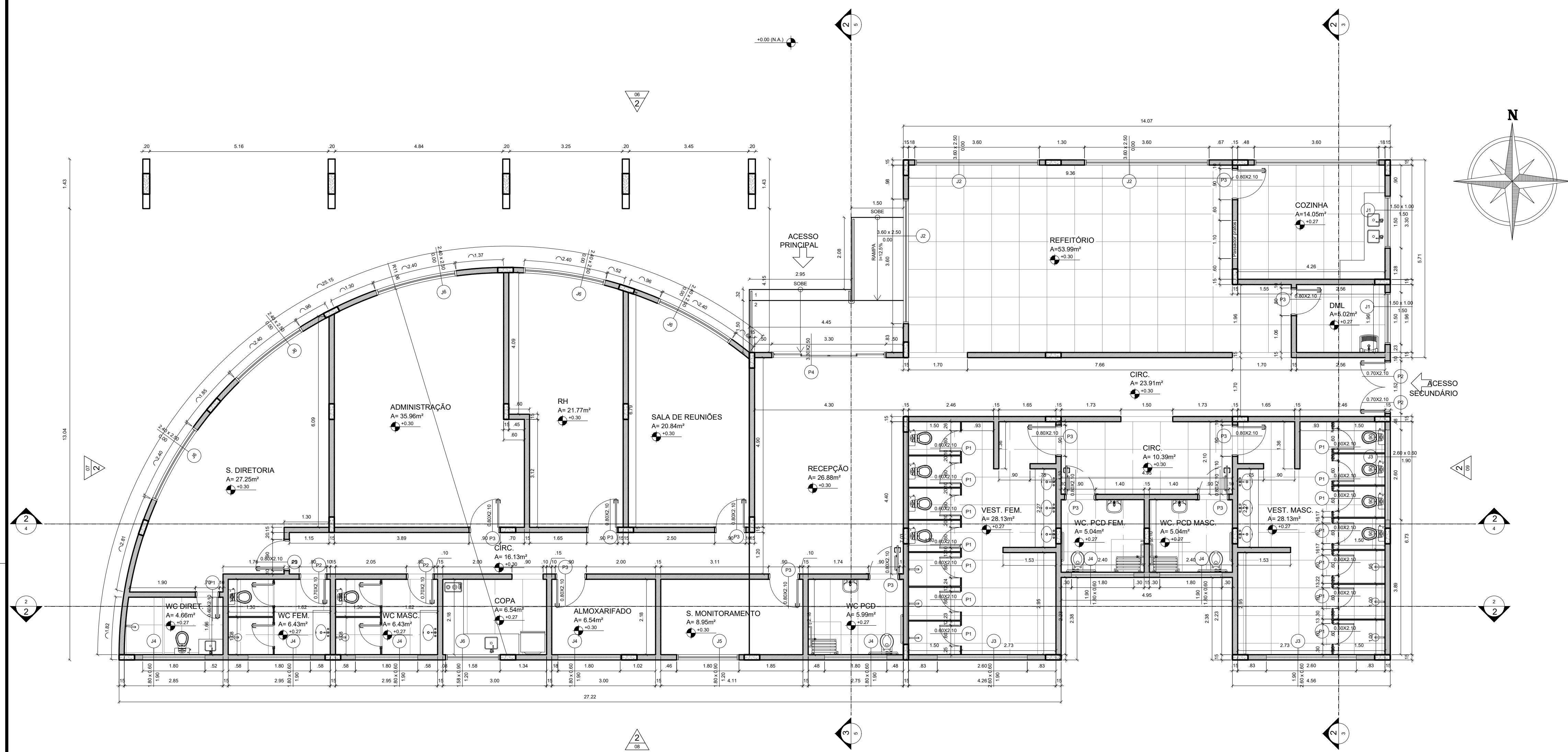
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

CURSO:	ARQUITETURA E URBANISMO			TURNO:	MATUTINO
DISCIPLINA:	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC II				
DOCENTE:	GISA BASSALO				
ASSUNTO:	GUARITA PLANTA DE COBERTURA - PLANTA DE LAYOUT - PLANTA BAIXA E FACHADA			FOLHA:	01/01
ALUNO:	LENILSON DIAS DOS SANTOS			DATA:	25/03/2025
				ESCALA:	1:50

[illegible]

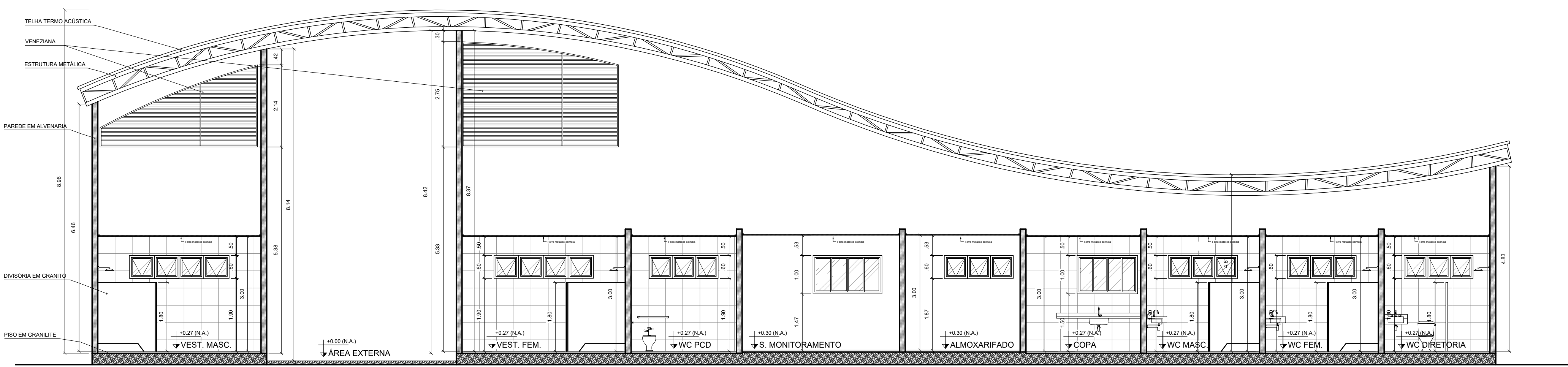
QUADRO DE ELÉTRO DOMÉSTICOS			
AMBIENTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANT.
COPA	GEL	RELAZERA	1
COPA	COO	COCCOTOP	1

[illegible]



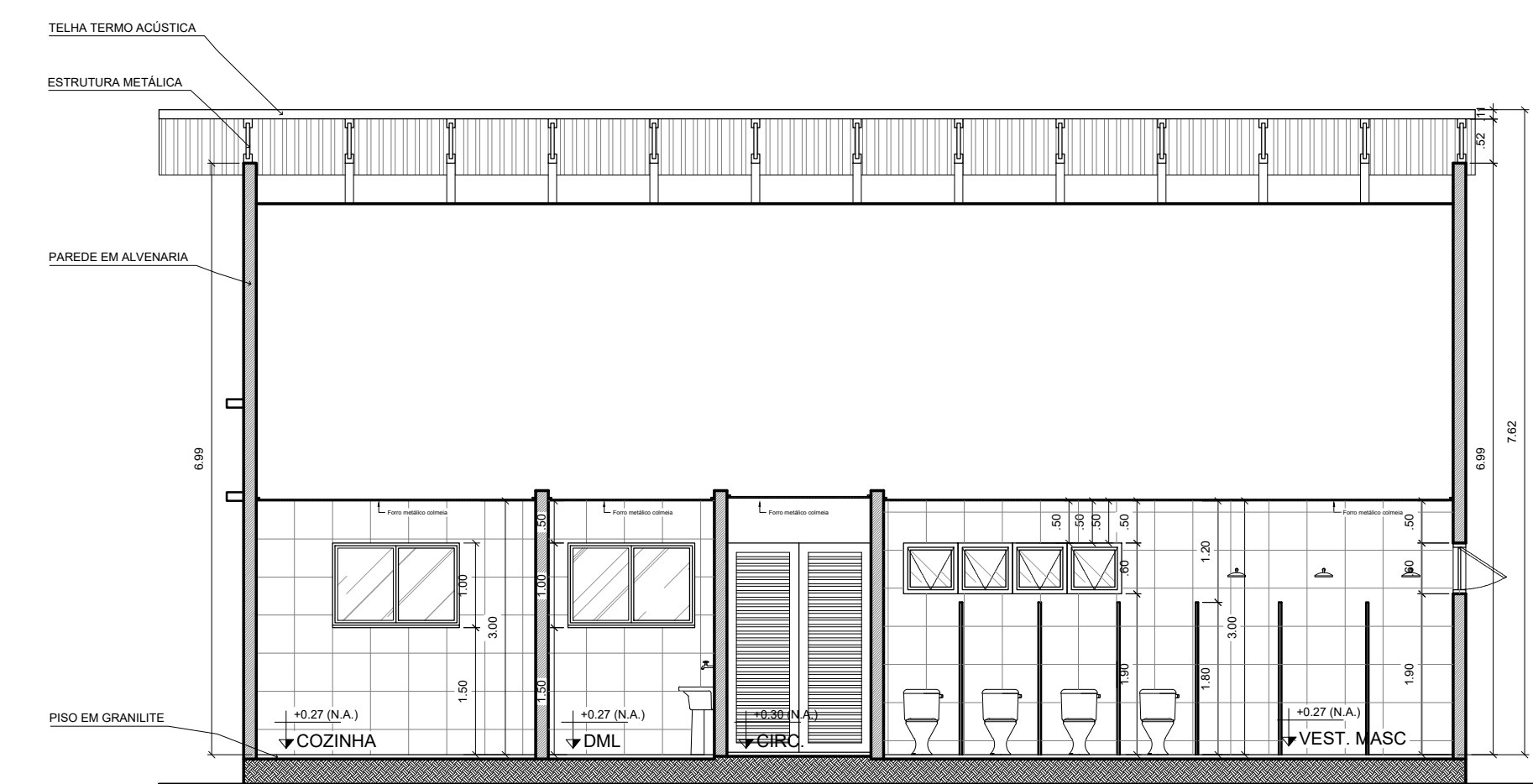
1 PLANTA BAIXA

ESCALA 1:75



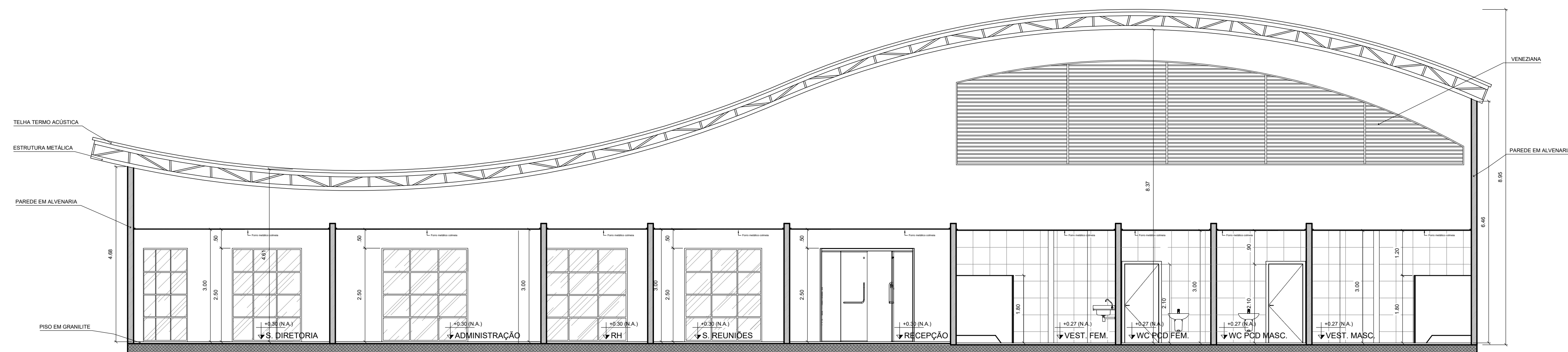
2 CORTE LONGITUDINAL

ESCALA 1:75



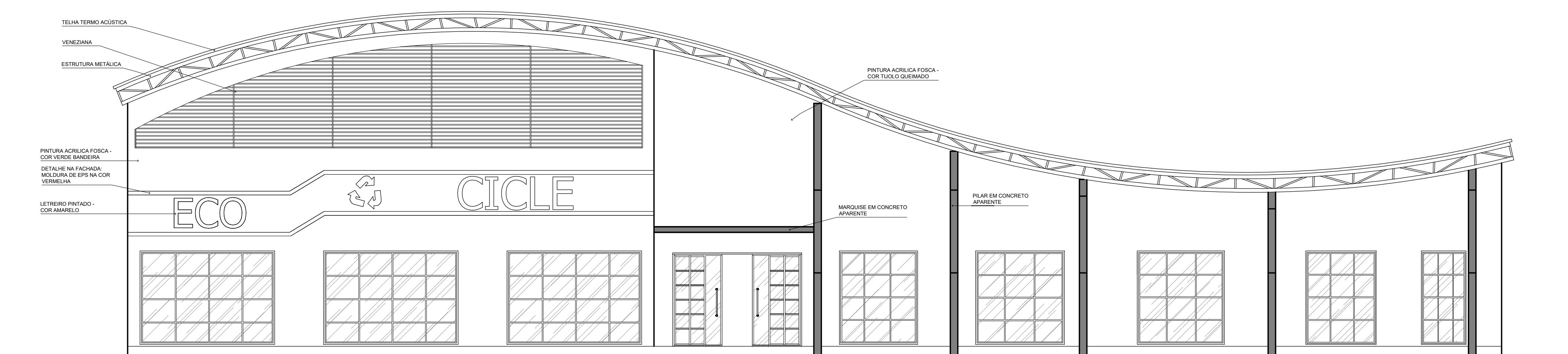
3 CORTE TRANSVERSAL

ESCALA 1:75



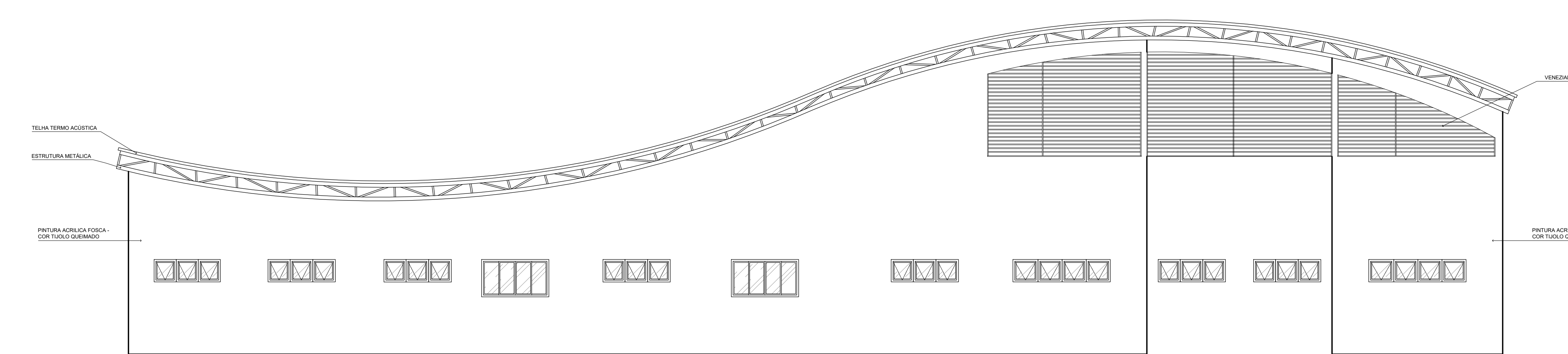
4 CORTE LONGITUDINAL 2

ESCALA 1:75



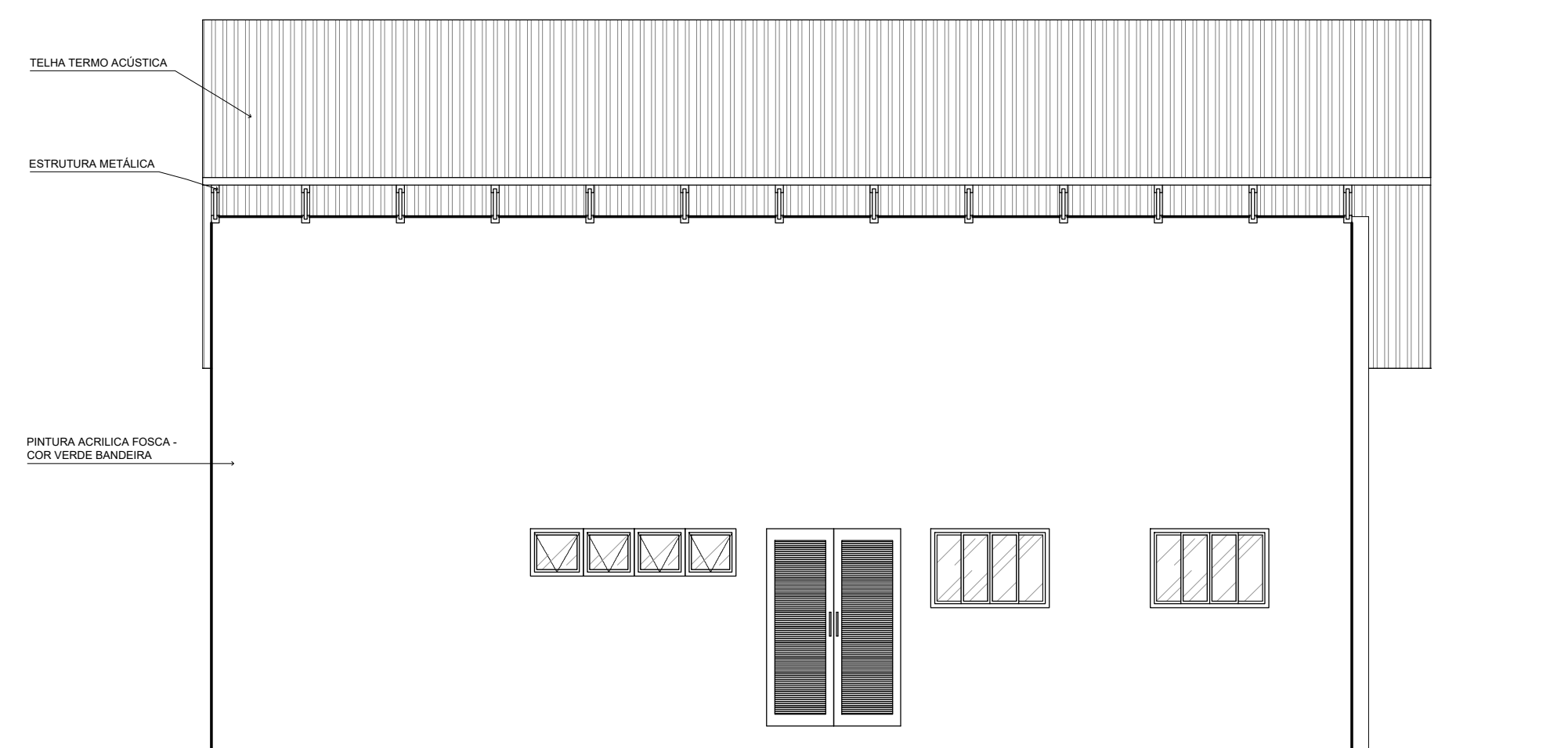
6 FACHADA FRONTAL

ESCALA 1:75



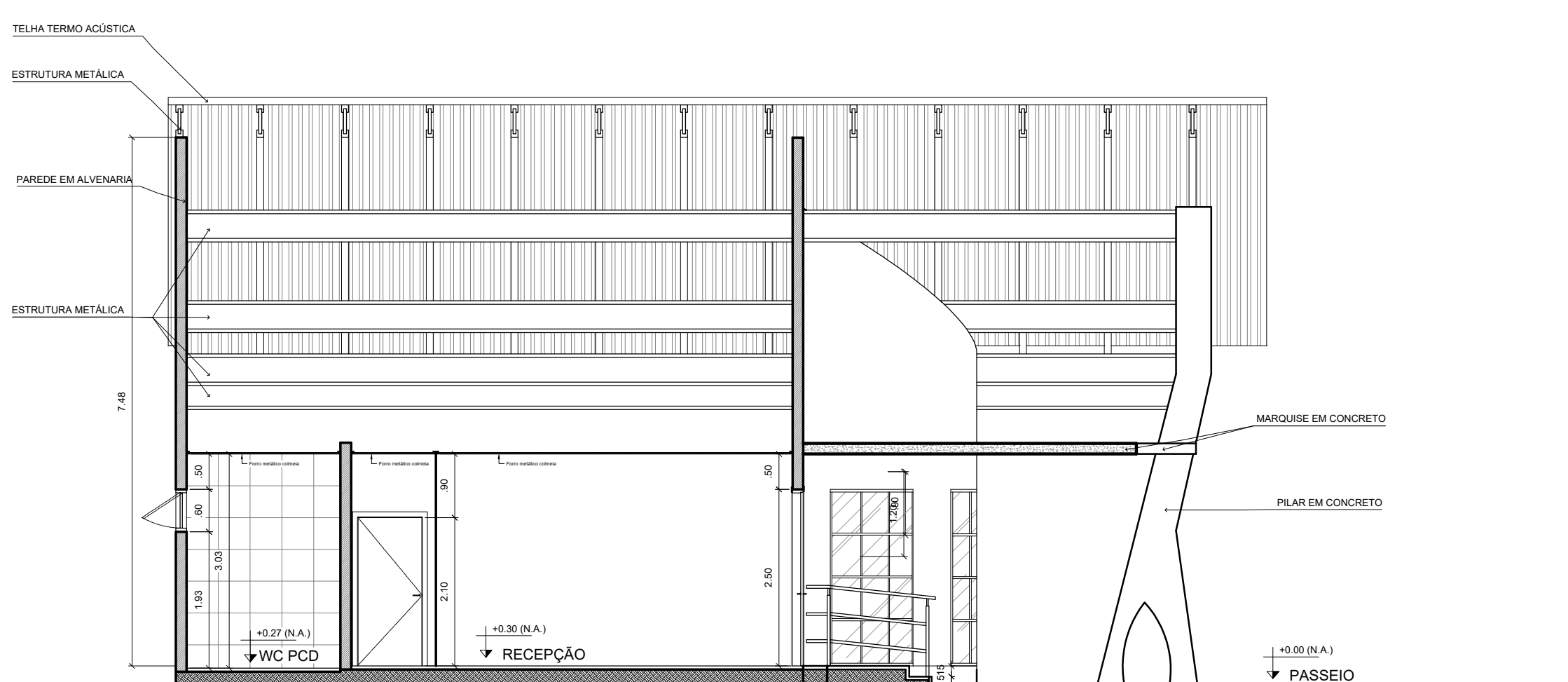
8 FACHADA POSTERIOR

ESCALA 1:75



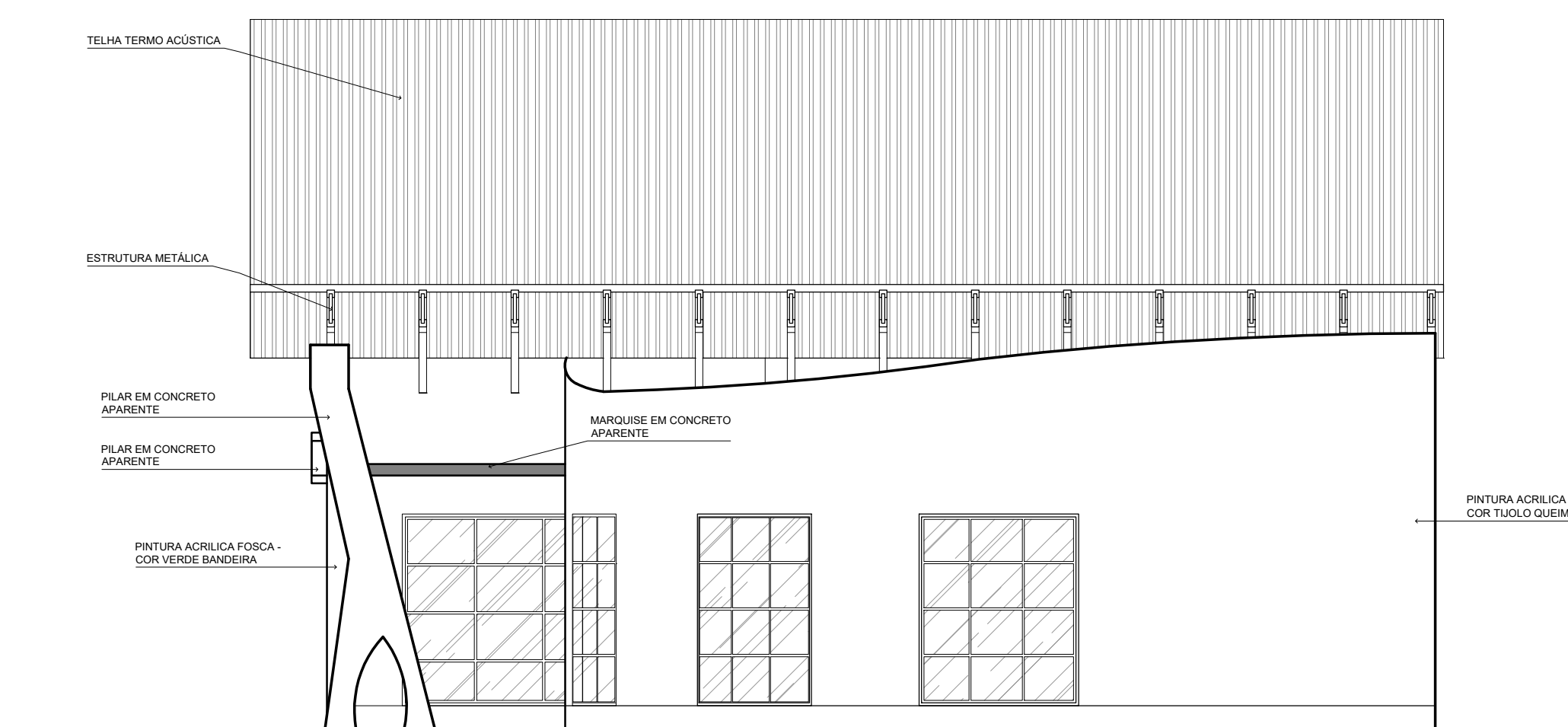
9 FACHADA LATERAL ESQUERDA

ESCALA 1:75



5 CORTE TRANSVERSAL 2

ESCALA 1:75



7 FACHADA LATERAL DIREITA

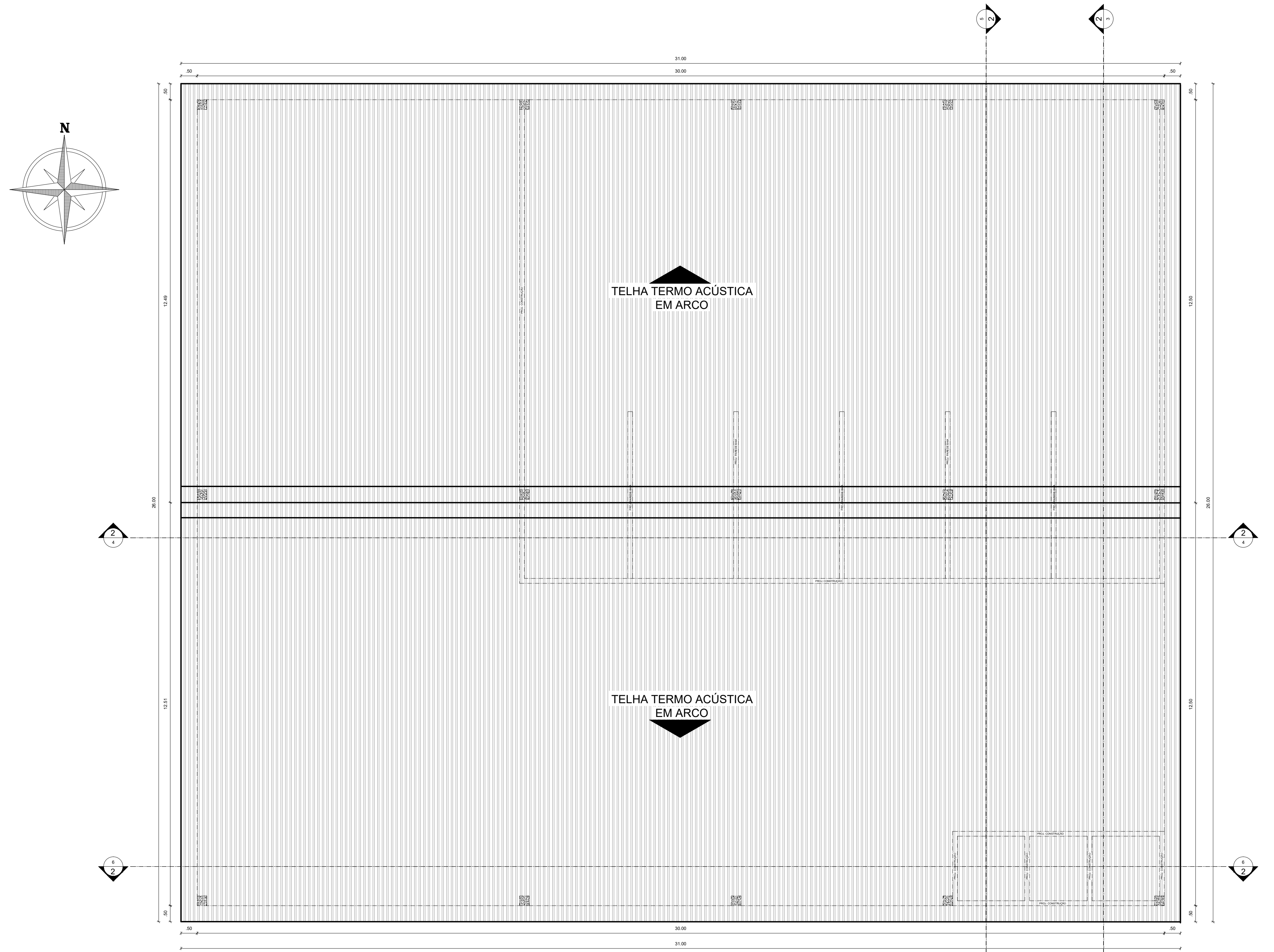
ESCALA 1:75

QUADRO DE ESQUADRIAS				
AMBIENTE	COORDENADA	DESCRIÇÃO	MODELO	QUANT.
COZINHA	01	1.00	1.00	2
COZINHA	02	1.00	1.00	4
COZINHA	03	1.00	1.00	12
COZINHA	04	1.00	1.00	21
COZINHA	05	1.00	1.00	1
COZINHA	06	1.00	1.00	1
COZINHA	07	1.00	1.00	5

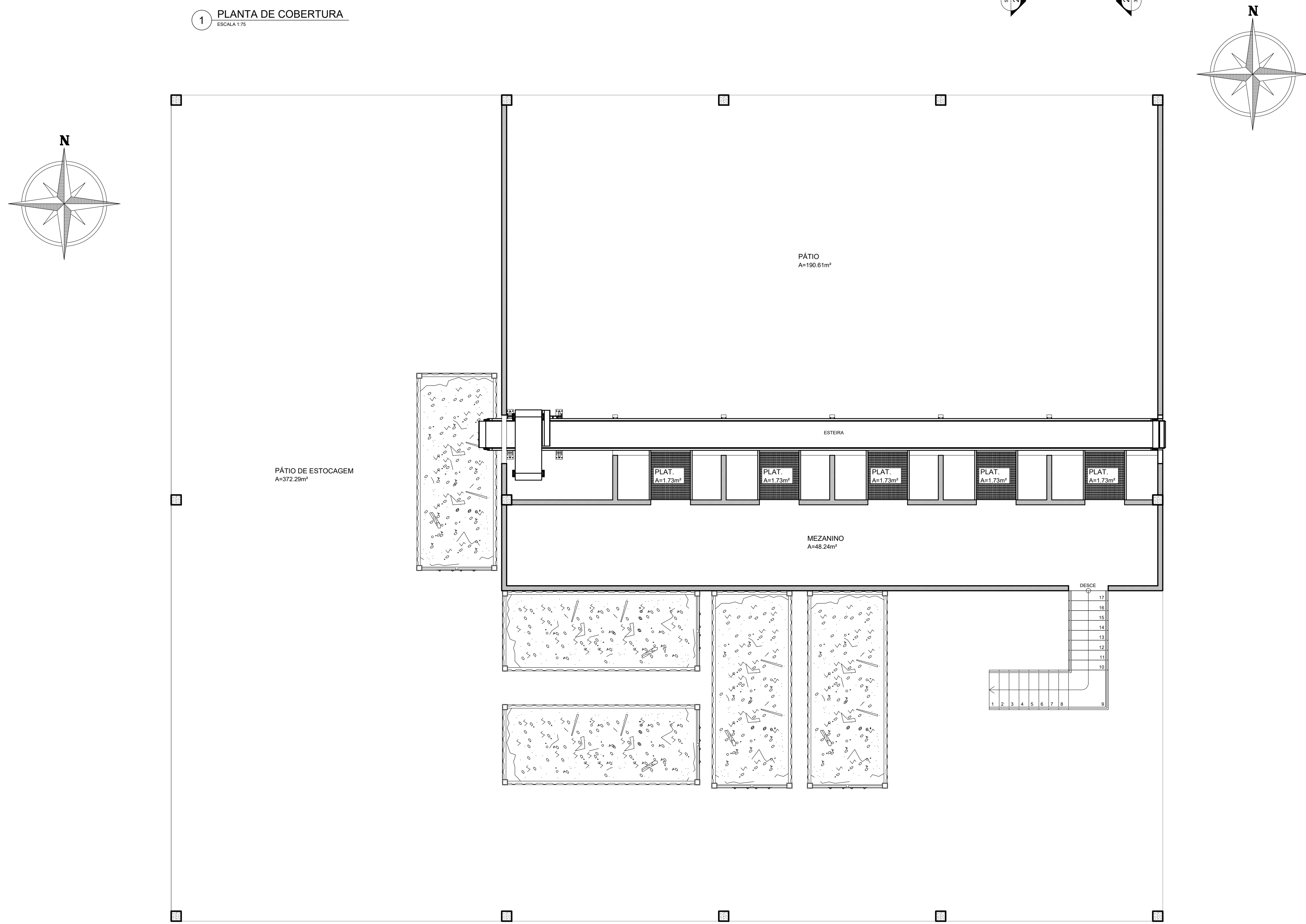
QUADRO DE ESQUADRIAS				
AMBIENTE	COORDENADA	DESCRIÇÃO	MODELO	QUANT.
COZINHA	01	1.00	1.00	15
COZINHA	02	1.00	1.00	4
COZINHA	03	1.00	1.00	15
COZINHA	04	1.00	1.00	1
COZINHA	05	1.00	1.00	2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

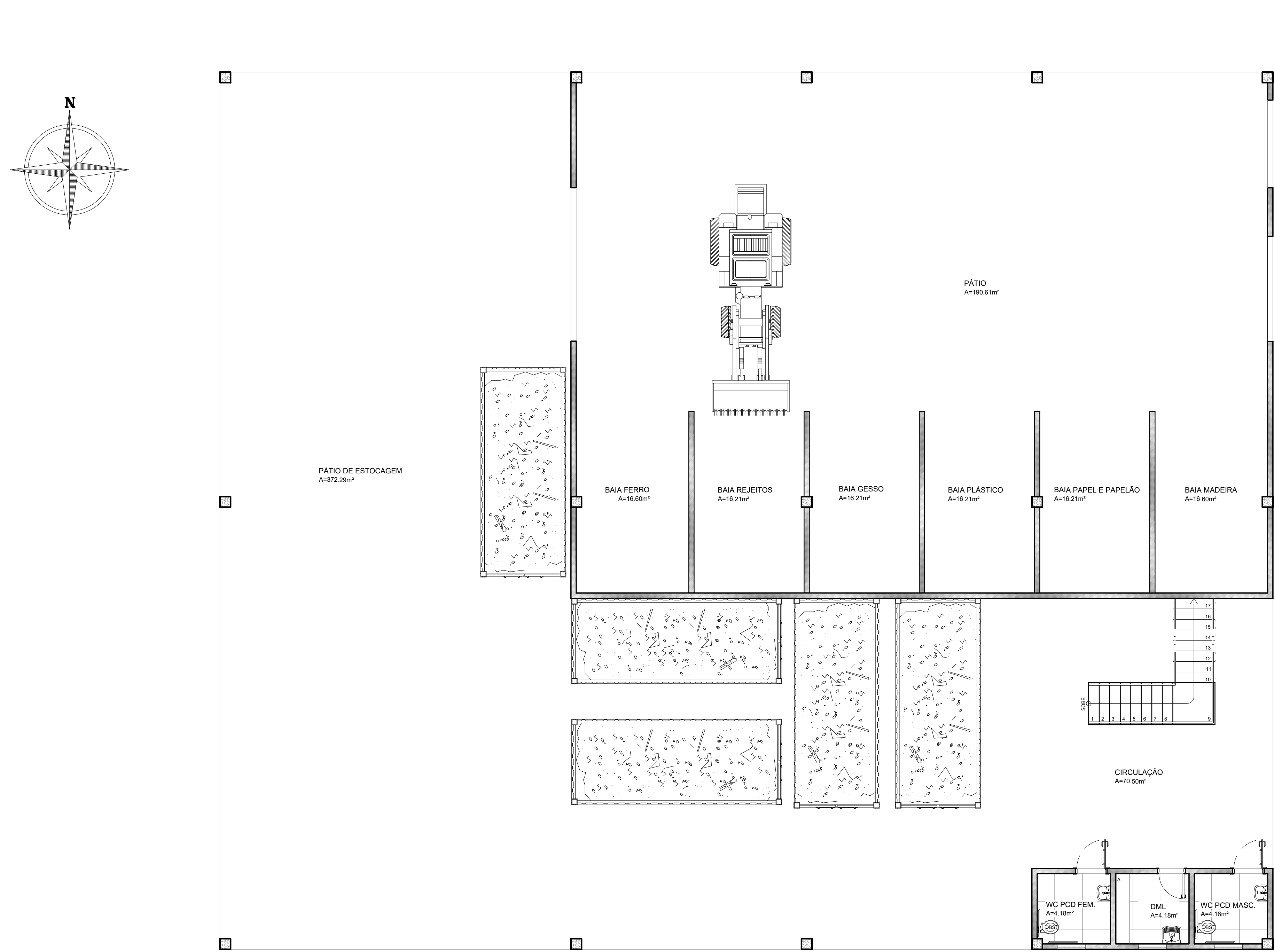
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO	TURNO	MATUTINO
DISCIPLINA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TOC II		
DOCENTE	GISA BASSALO		
ASSUNTO	PRÉDIO ADMINISTRATIVO PLANTA BAIXA, CORTES E FACHADAS	FOLHA	02/02
ALUNO	LENILSON DIAS DOS SANTOS	DATA	25/03/2025
		ESCALA	1:75



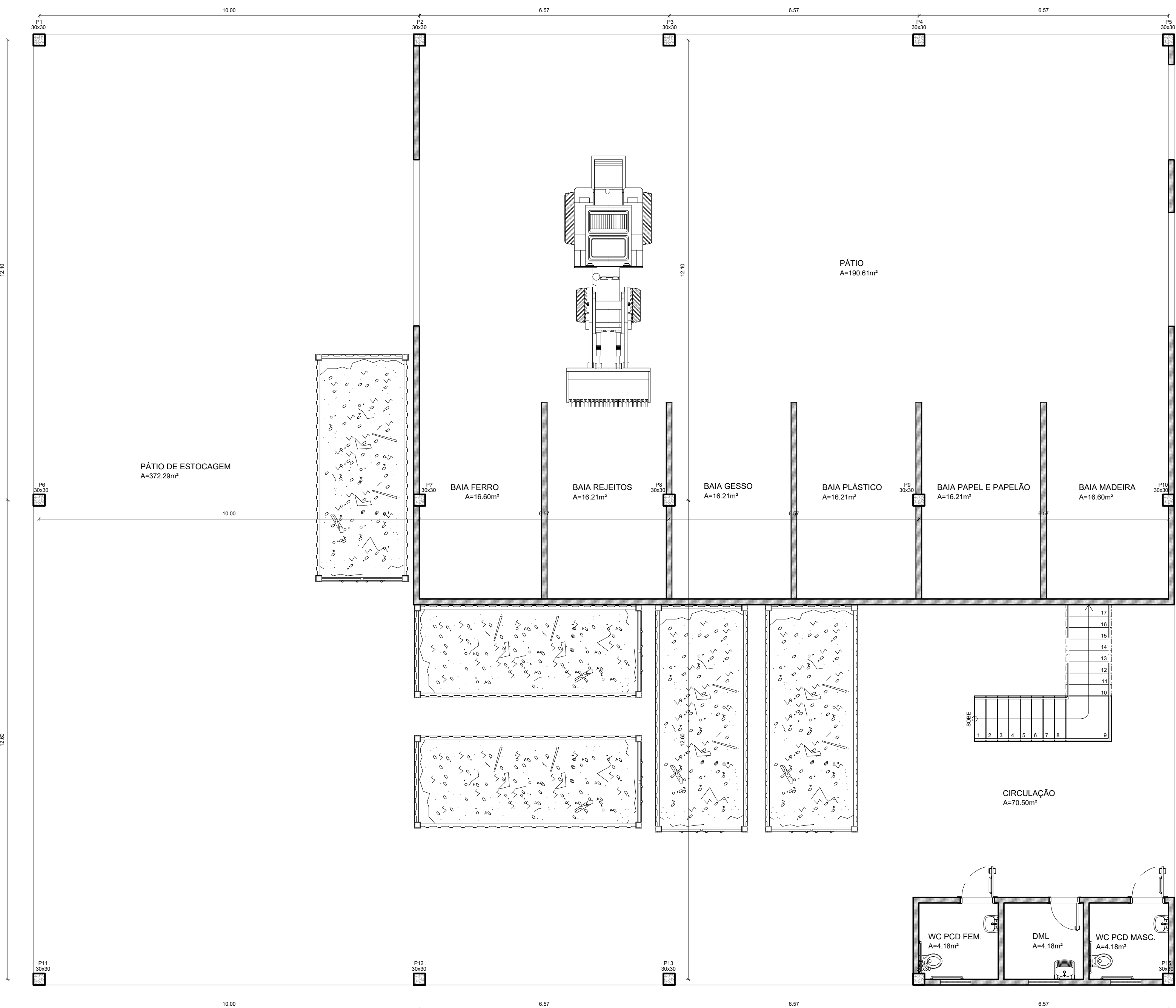
1 PLANTA DE COBERTURA



3 PLANTA DE LAYOUT 1 PAV.



2 PLANTA DE LAYOUT TÉRREO



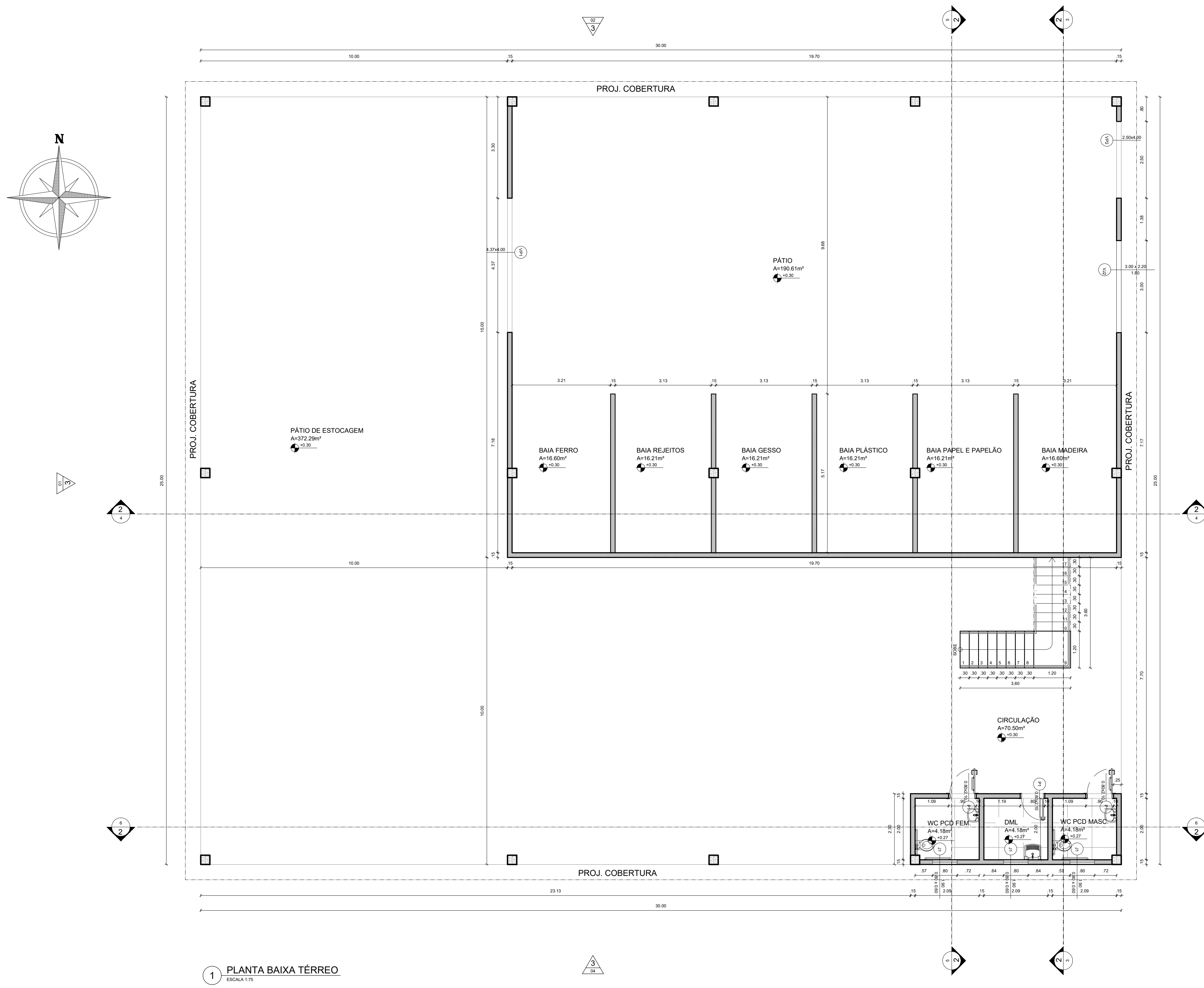
4 PLANTA LOCAÇÃO DE PILARES

QUADRO DE MOBILIÁRIO			
AMBIENTE	CODIGO	DESCRIÇÃO	QUANT.
LABORATÓRIO	A	MOBILIÁRIO	1

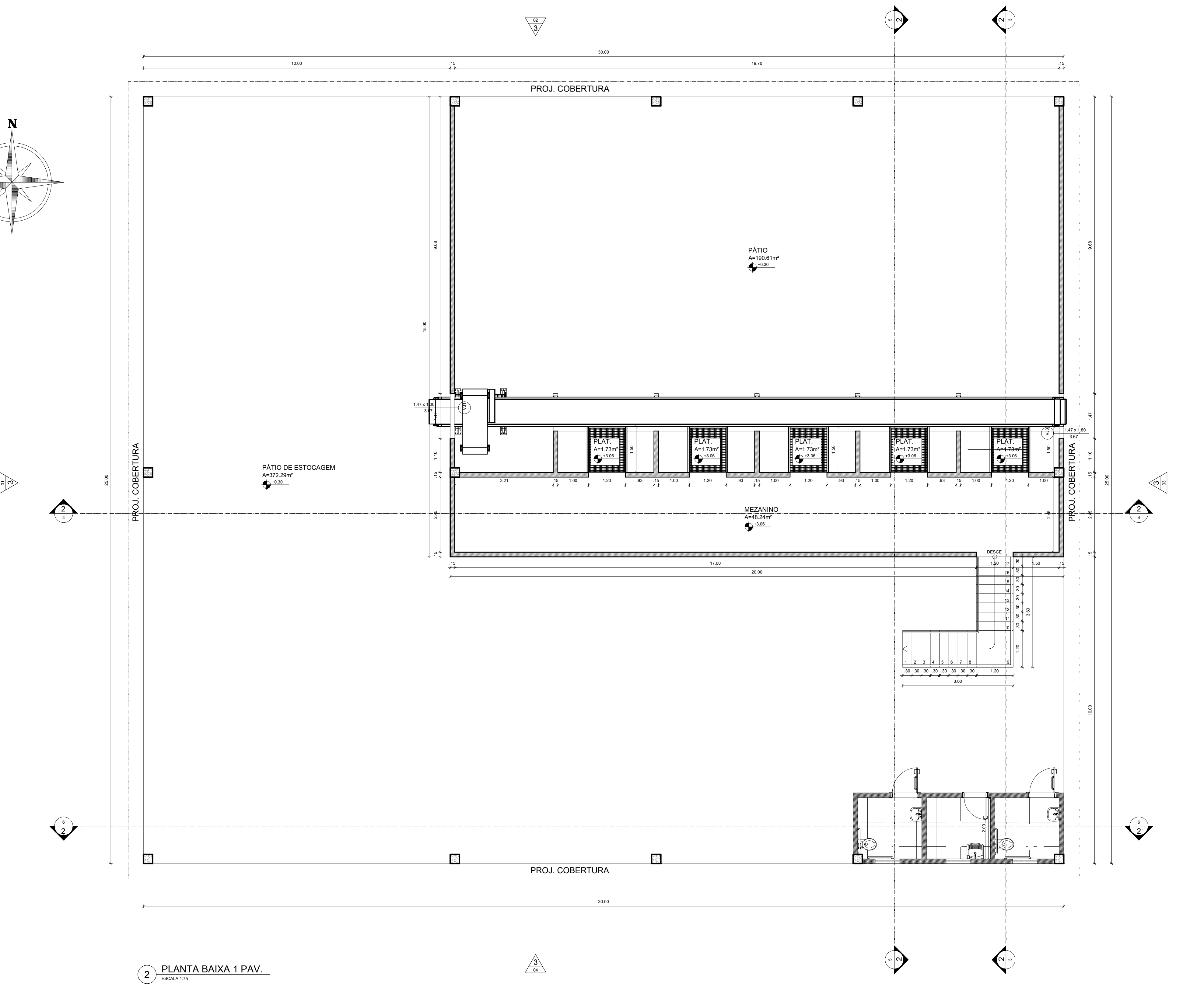
QUADRO DE EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS			
AMBIENTE	CODIGO	DESCRIÇÃO	QUANT.
WC FEM	F5	WC FEM	1
WC MASC	M5	WC MASC	1
WC FEM	F6	WC FEM	1
WC MASC	M6	WC MASC	1
LABORATÓRIO	Y0	MOBILIÁRIO	1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

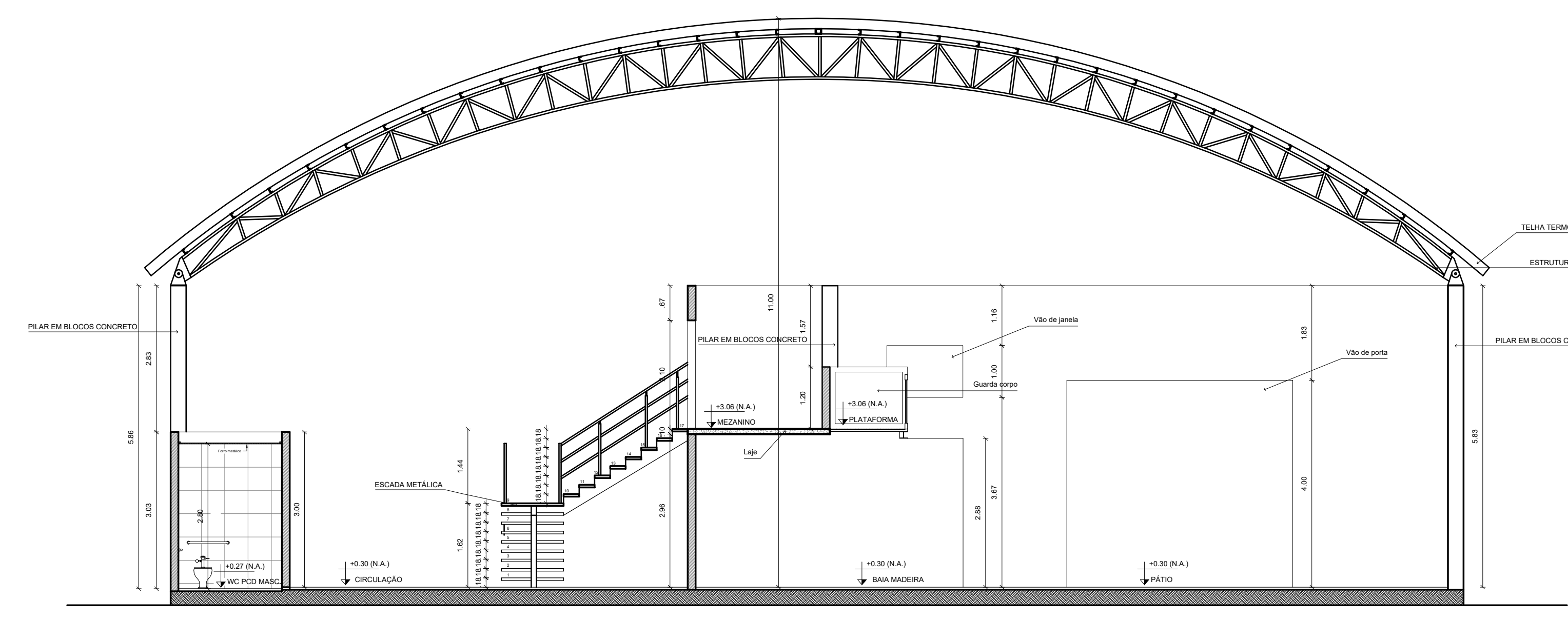
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO	
DISCIPLINA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TOC II	TURNO: MATUTINO
DOCENTE	GISA BASSALO	
ASSUNTO	GAU PÃO DE TRACHEM PLANTA DE COBERTURA - PLANTA DE LAYOUT E PLANTA DE LOCAÇÃO DE PILARES	
ALUNO	LÊNILSON DAS DOS SANTOS	DATA: 25/03/2025



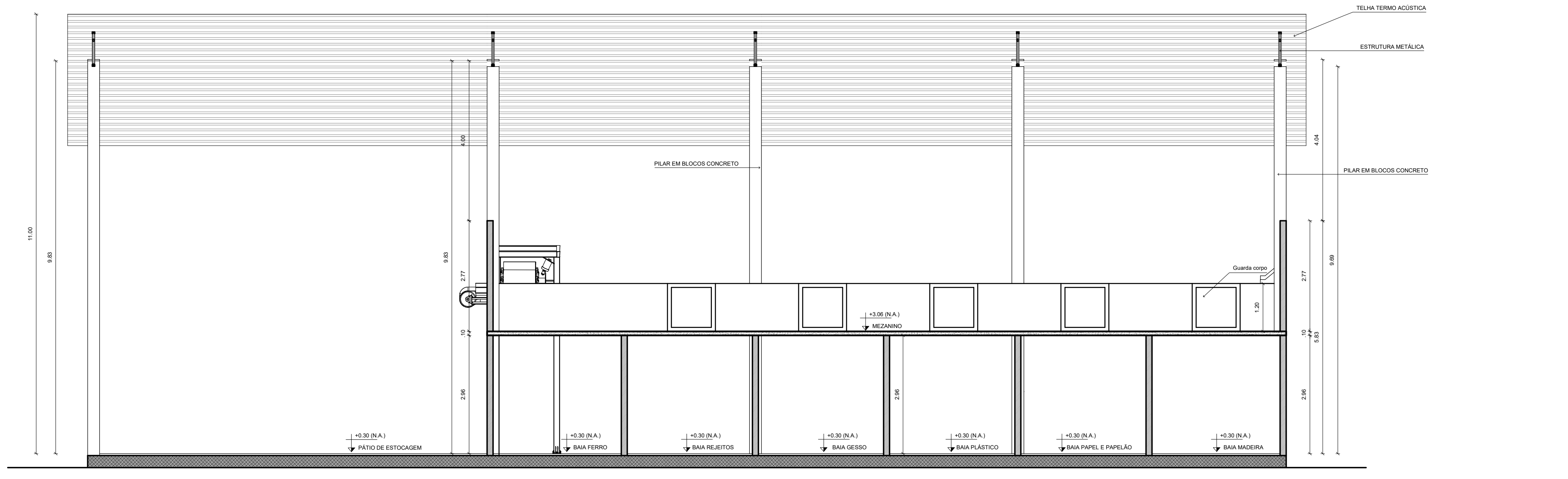
1 PLANTA BAIXA TÉRREO
ESCALA 1/50



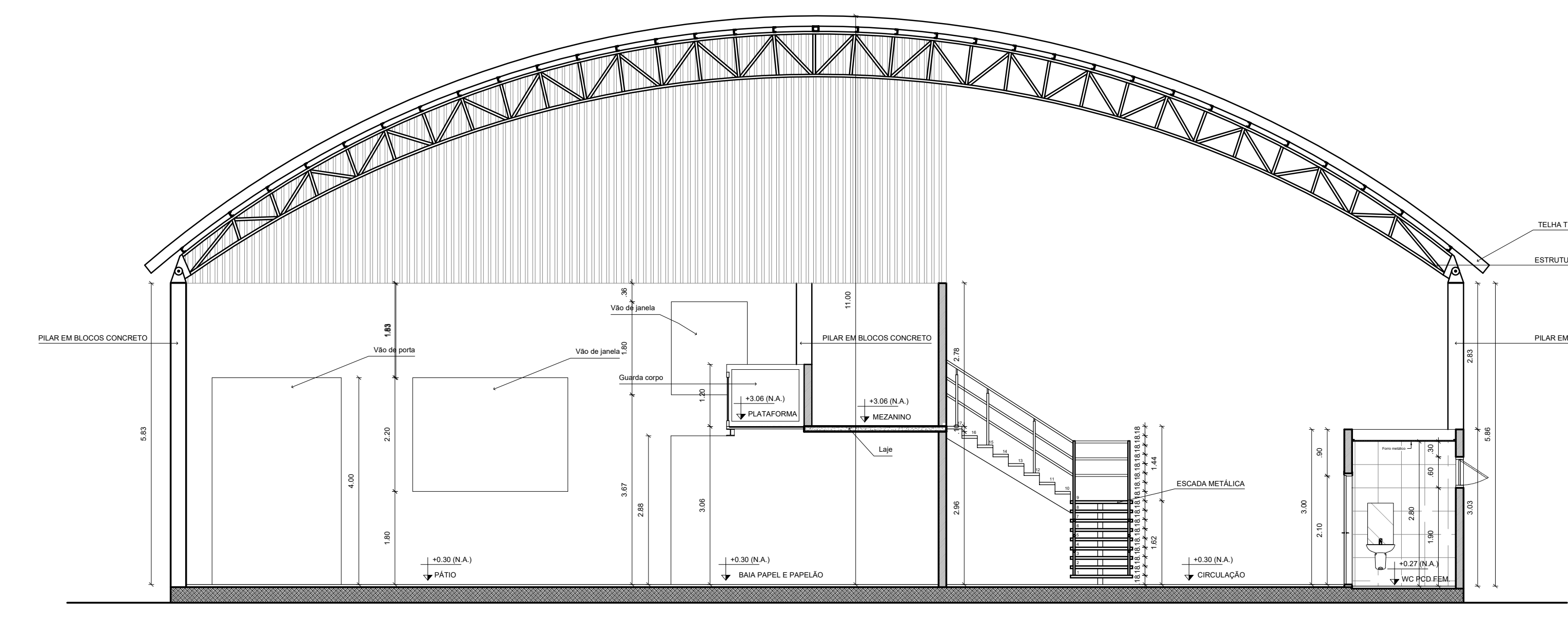
2 PLANTA BAIXA 1 PAV.
ESCALA 1/50



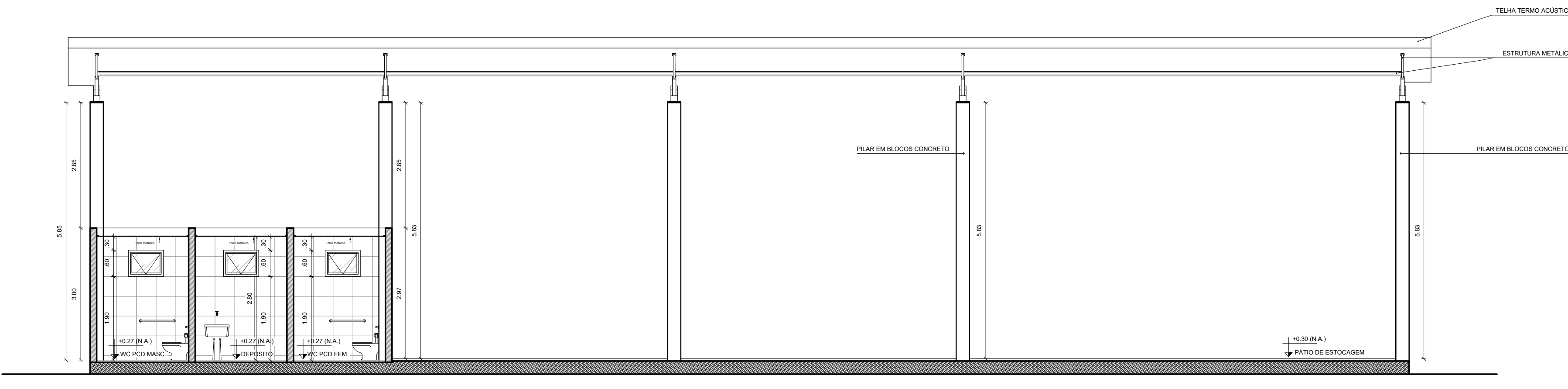
3 CORTE TRANSVERSAL 1
ESCALA 1/50



4 CORTE LONGITUDINAL 1
ESCALA 1/50



5 CORTE TRANSVERSAL 2
ESCALA 1/50

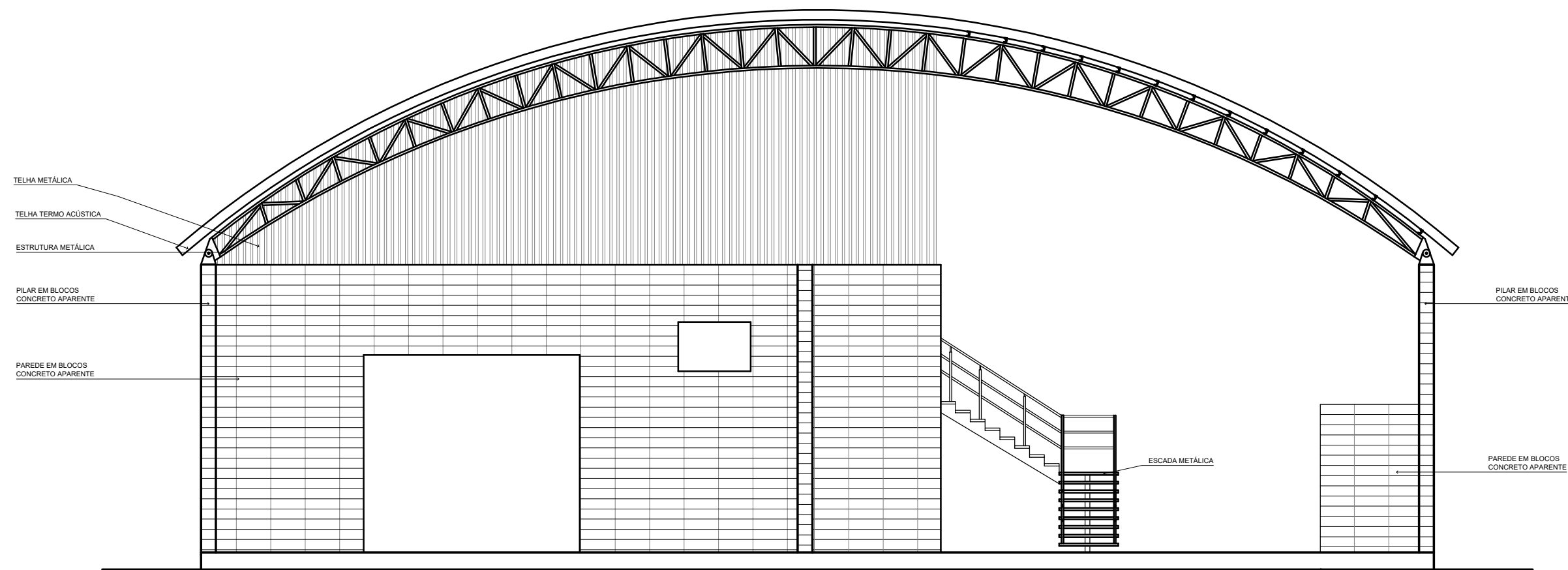


6 CORTE LONGITUDINAL 2
ESCALA 1/50

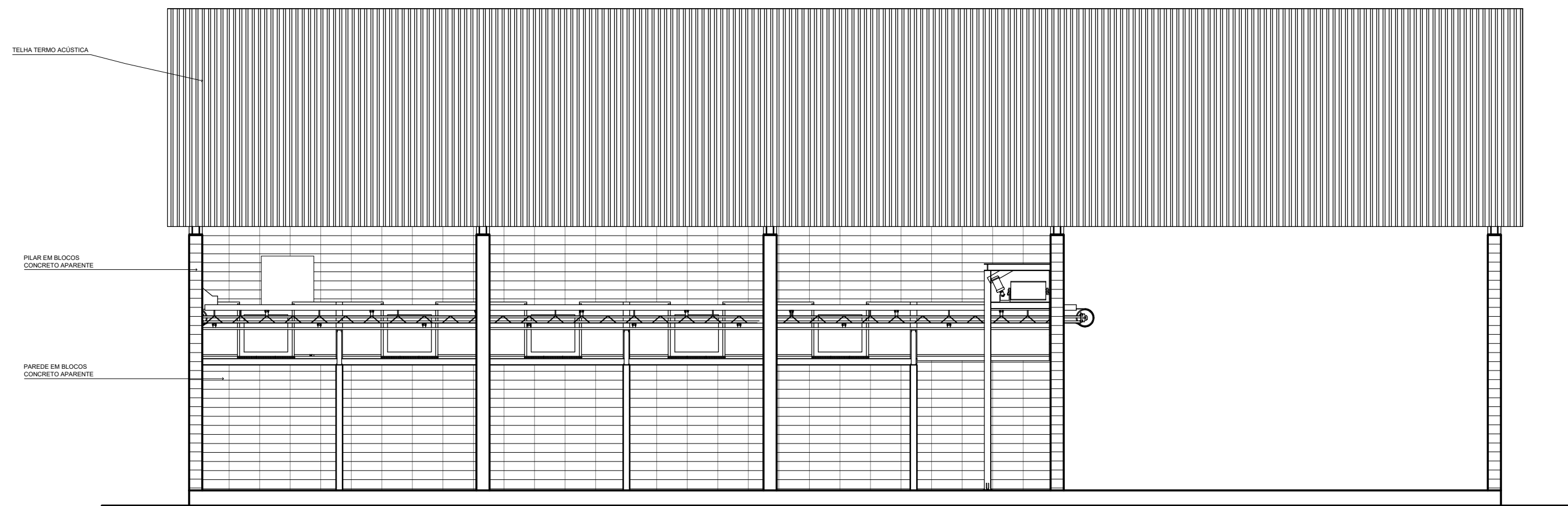
QUANTIDADE DE RESOLUÇÃO				
ARREBATE	CODIGO	DESCRIÇÃO	MODELO	QUANT.
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3
ARREBATE	00000	ARREBATE	00000	3

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

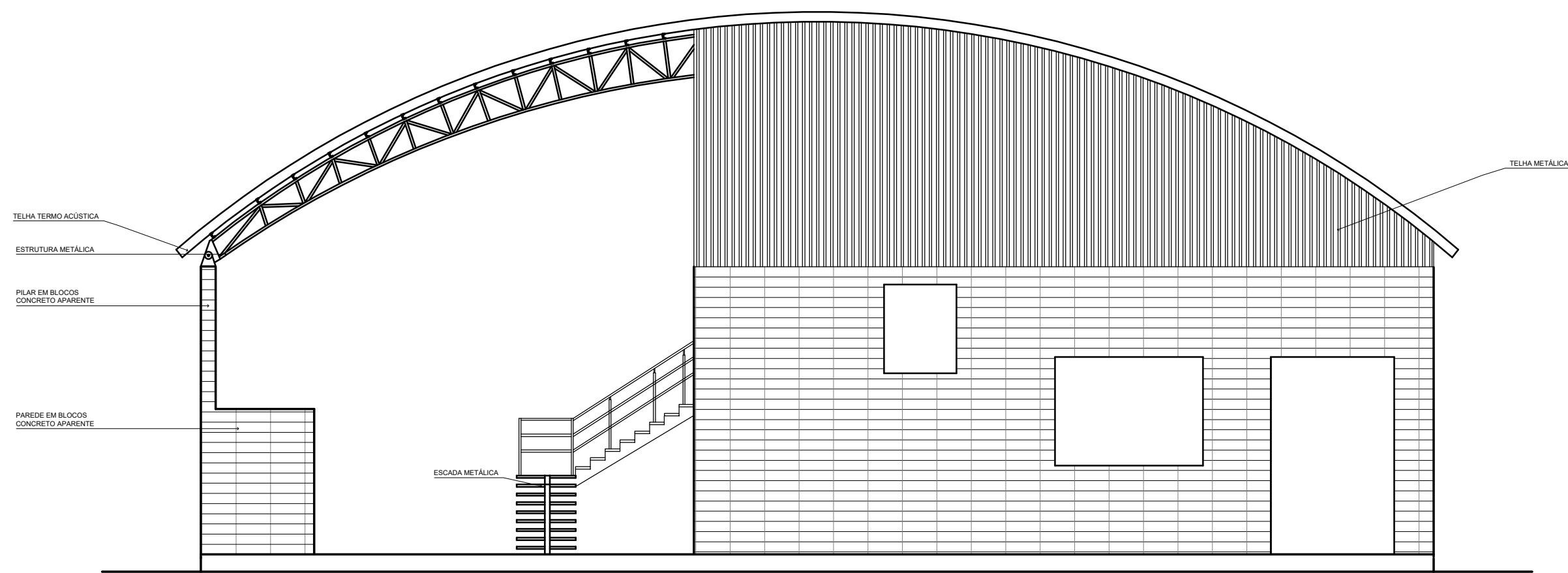
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO	TURNO	MATUTINO
DISCIPLINA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TOC II		
DOCENTE	GISA BASSALO		
ASSUNTO	GAU PÃO DE TRAGIEM PLANTA BAIXA E CORTE		
ALUNO	LÊNISON DOS SANTOS	DATA	25/03/2025
		FECHA	02/03
		ESCALA	1/75



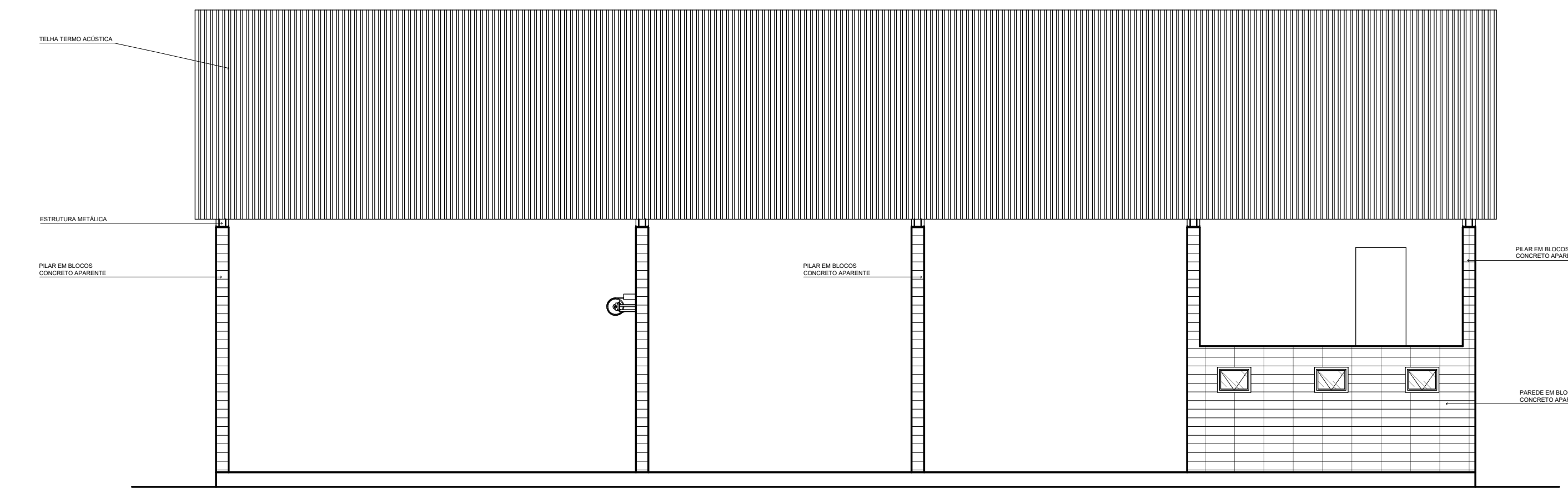
1 FACHADA FRONTAL
ESCALA 1:100



2 FACHADA LATERAL DIREITA
ESCALA 1:100



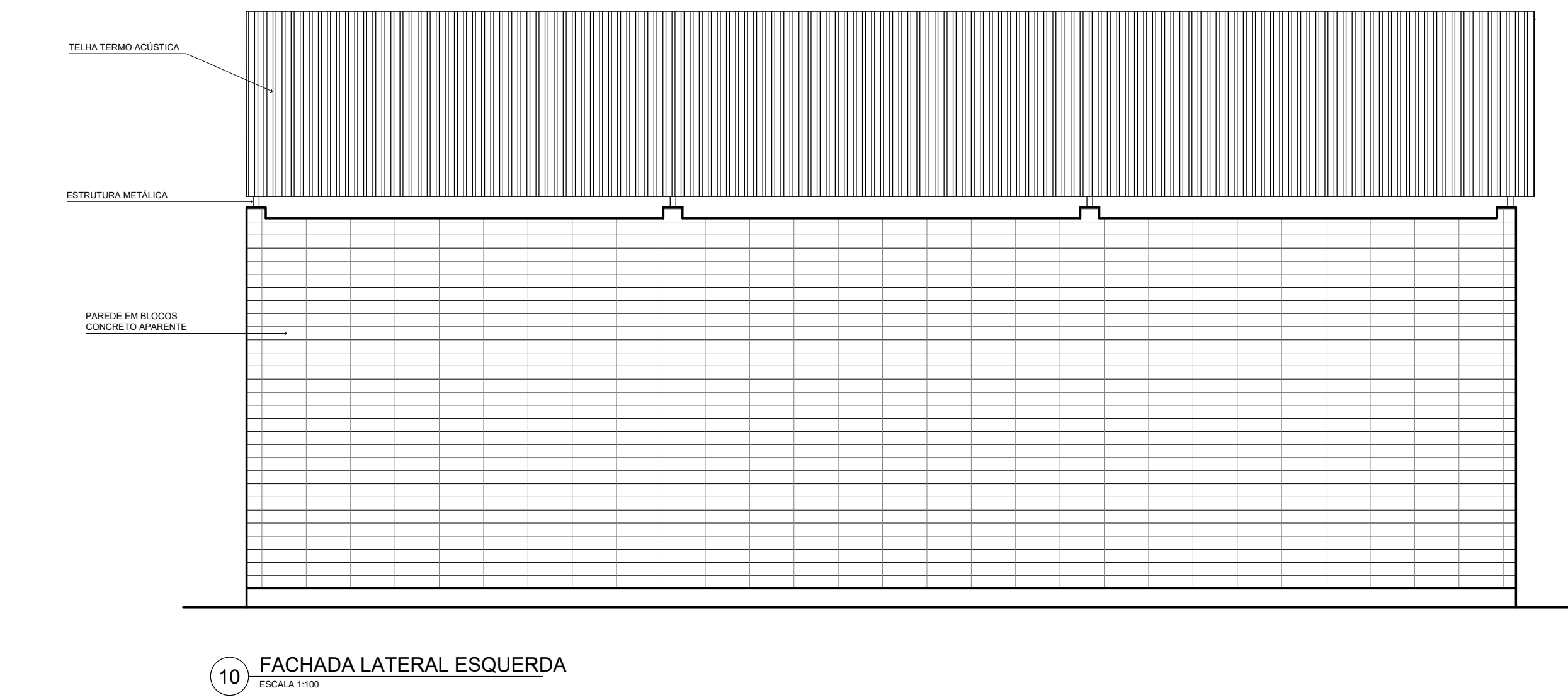
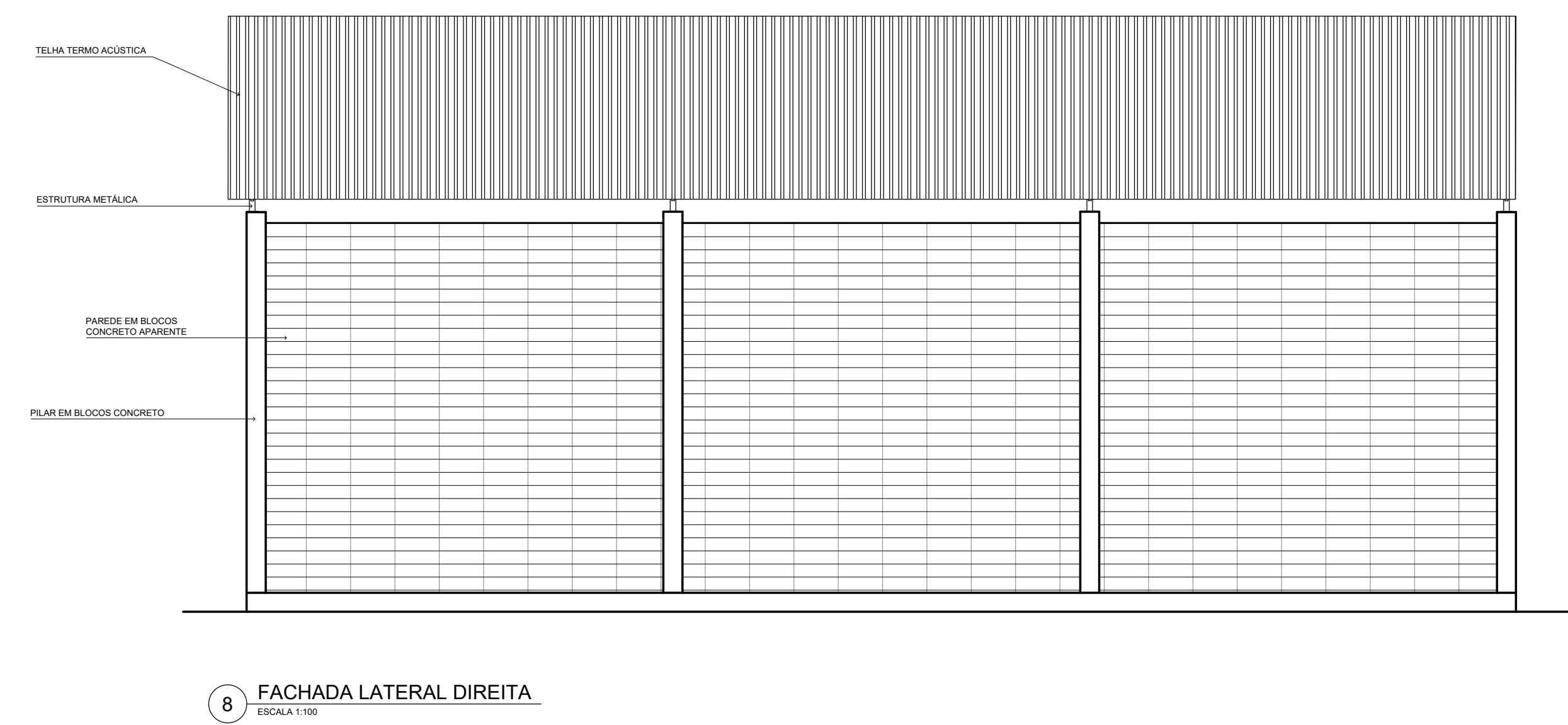
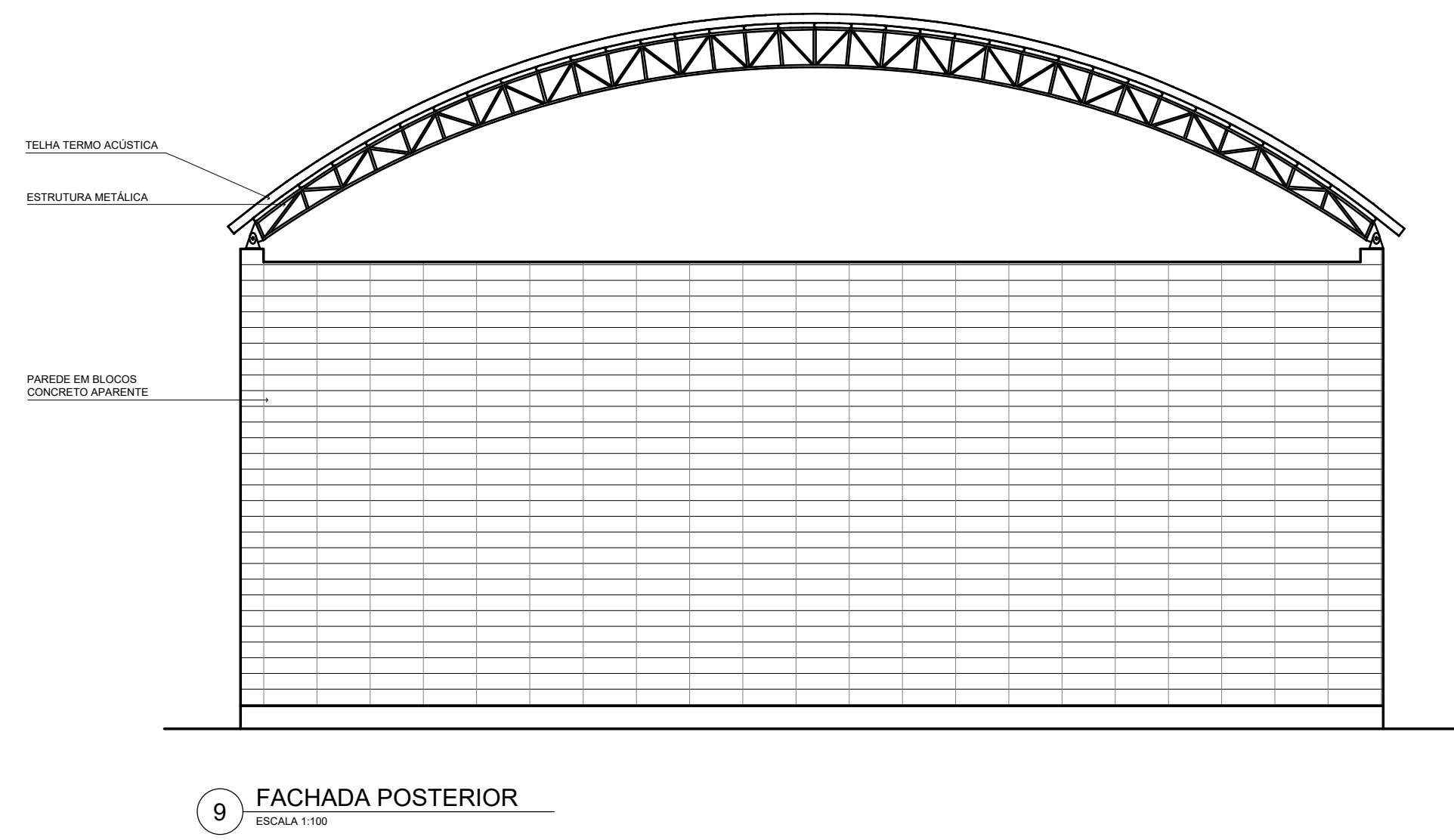
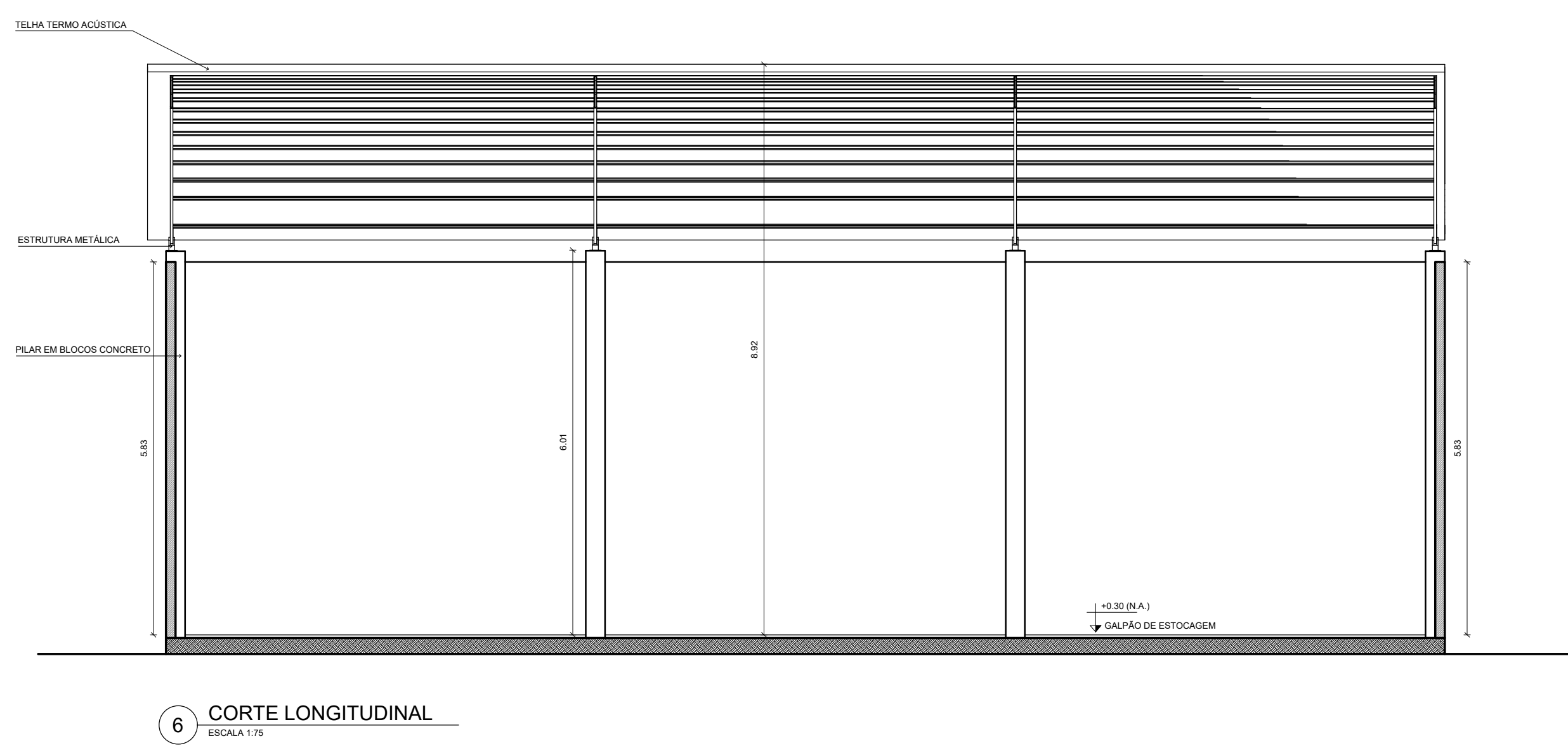
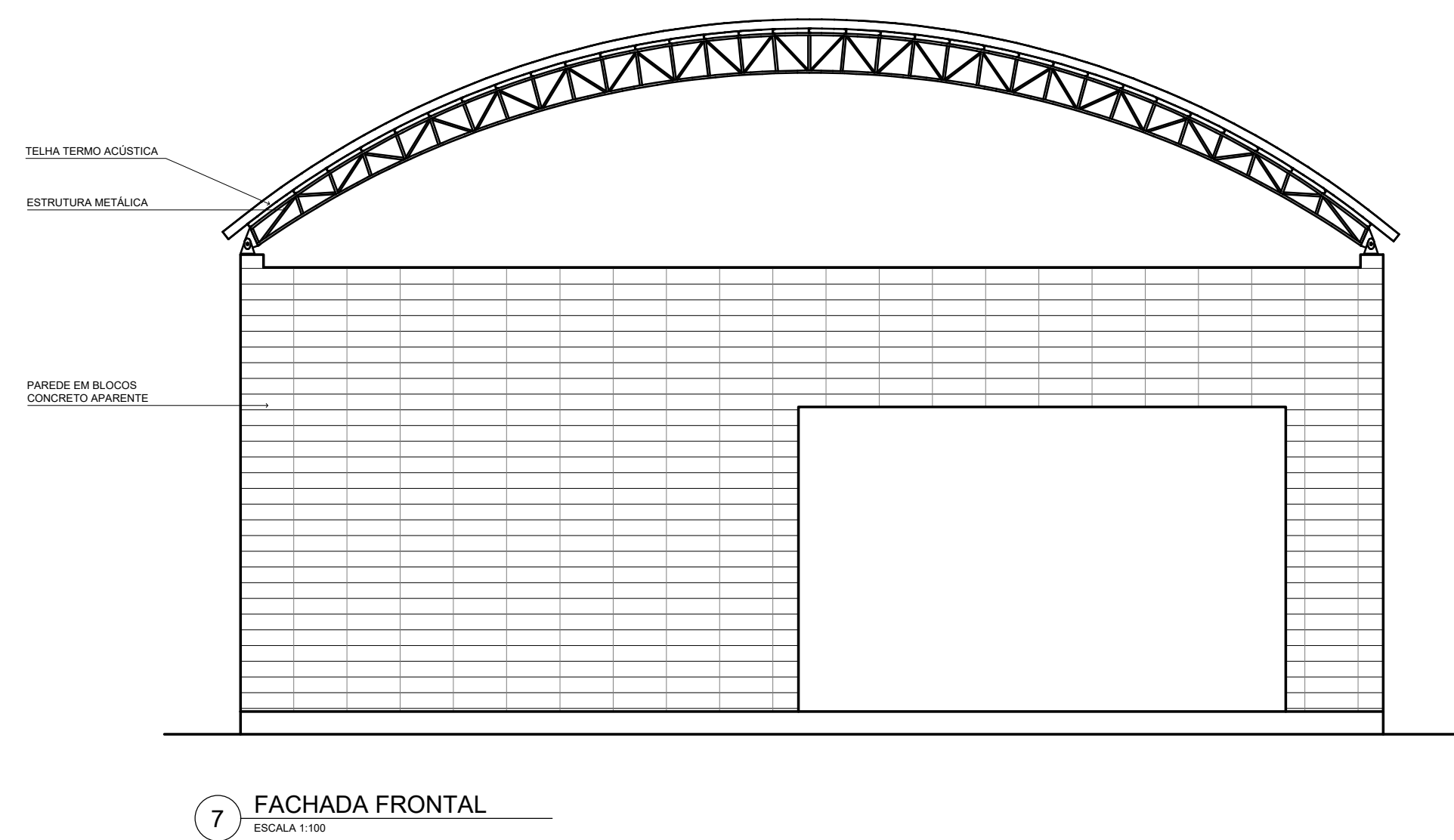
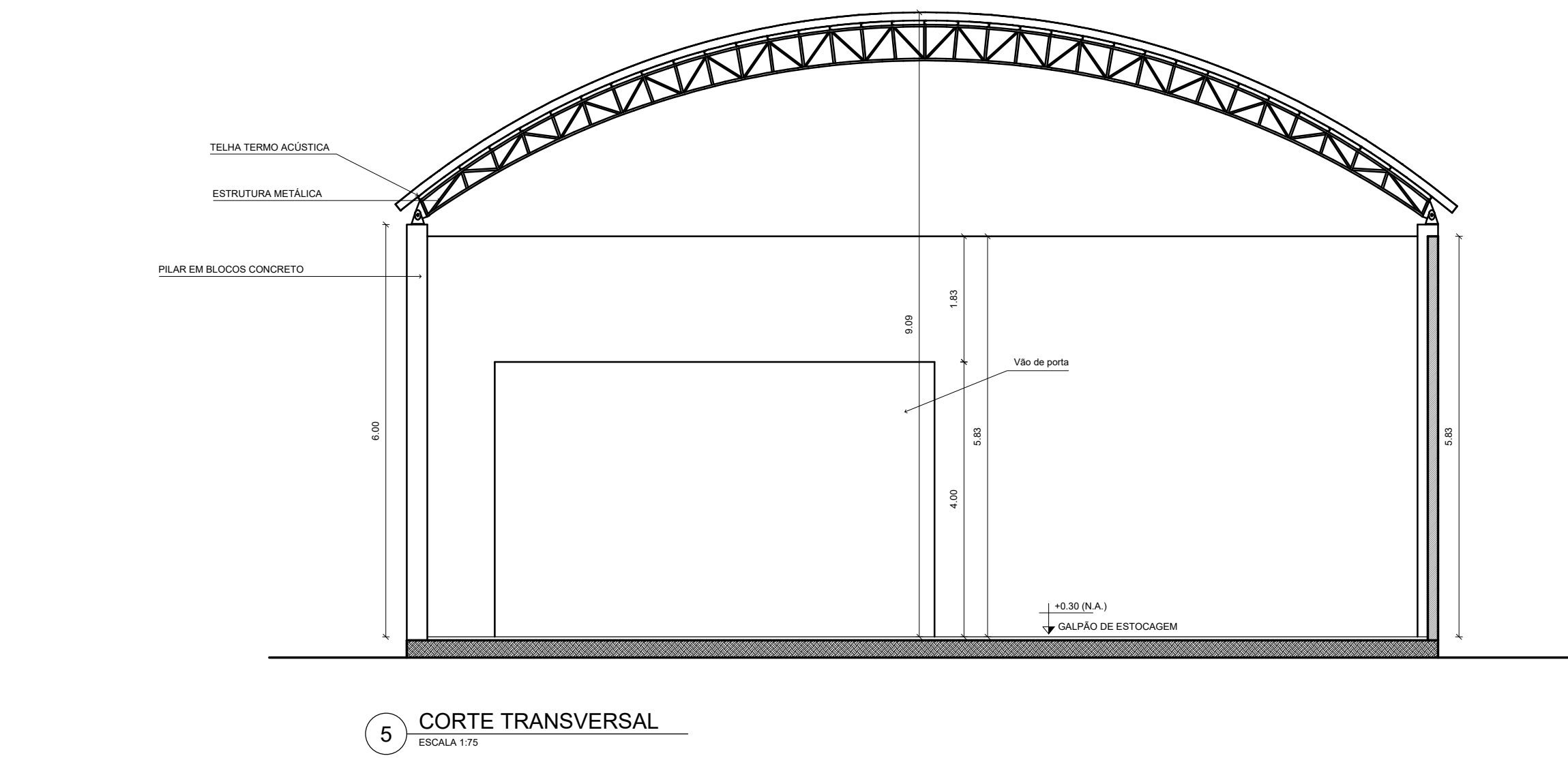
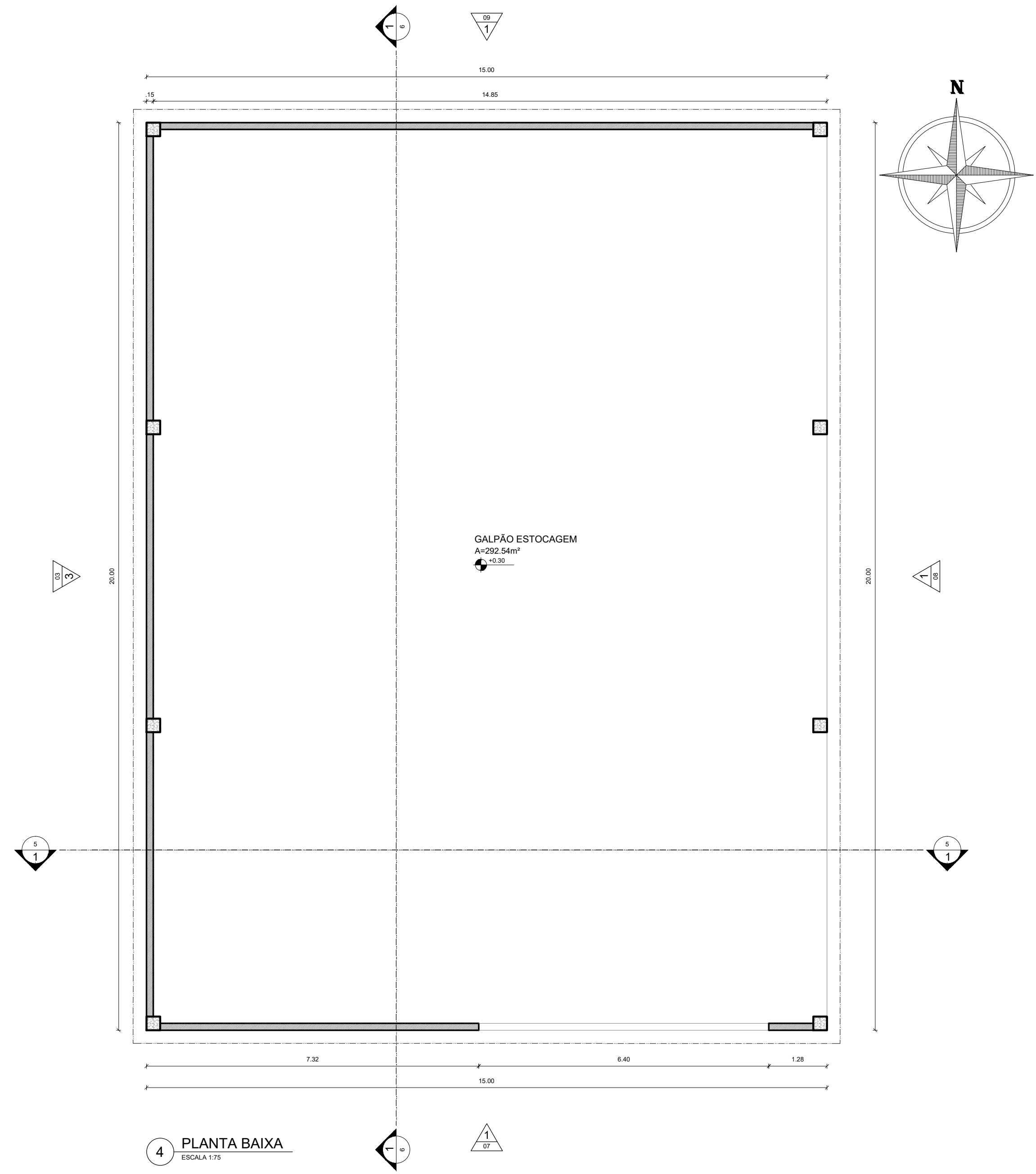
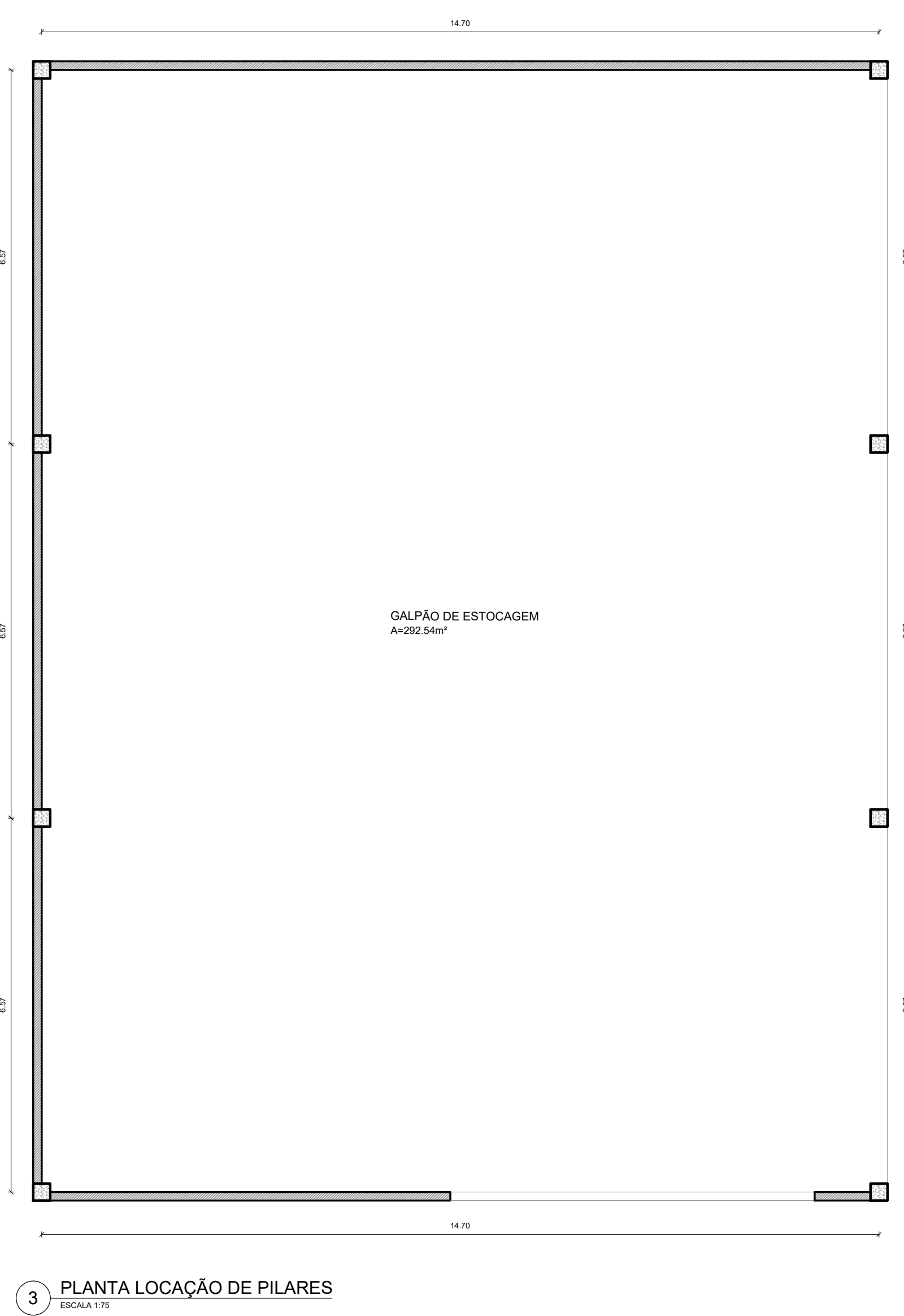
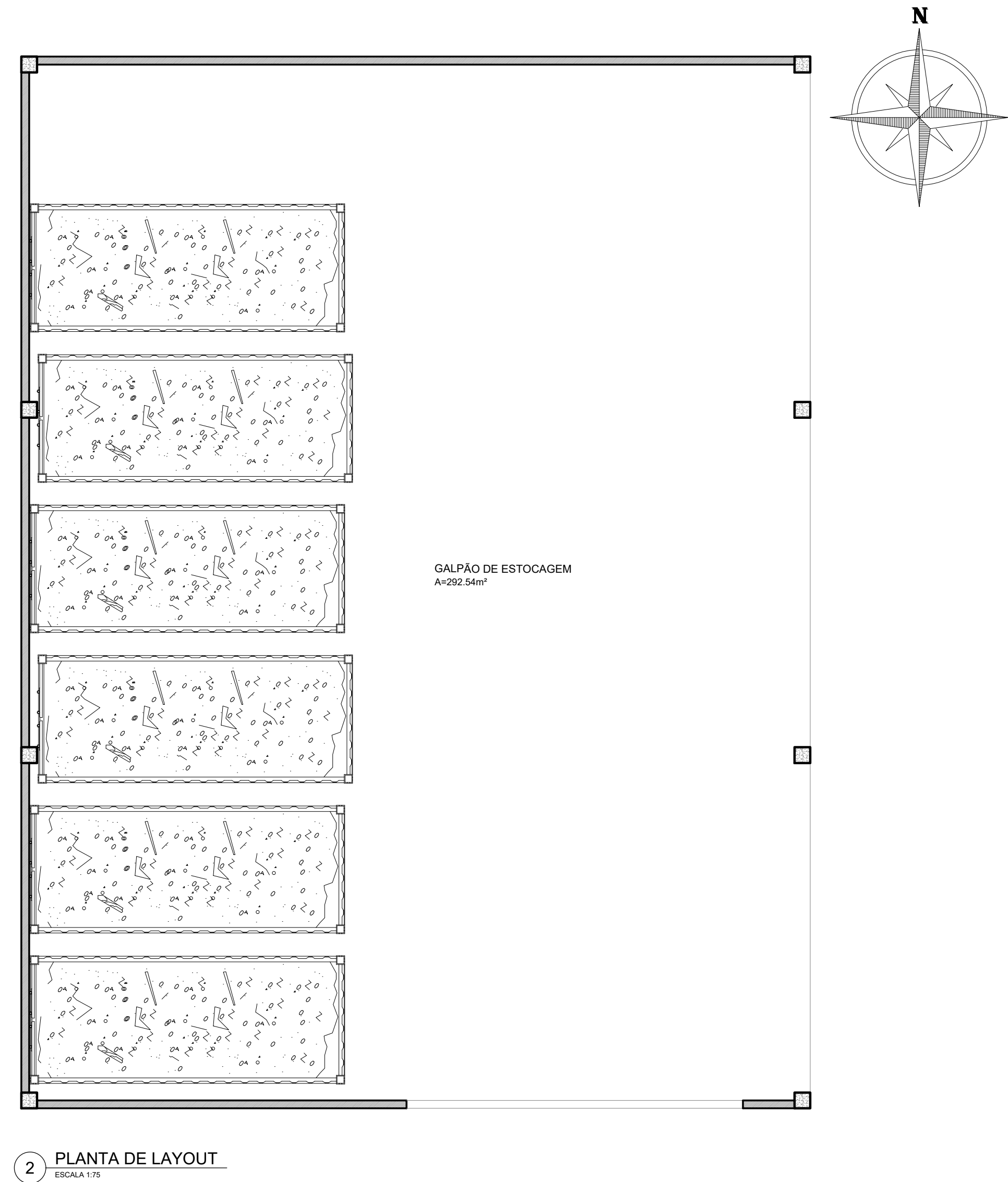
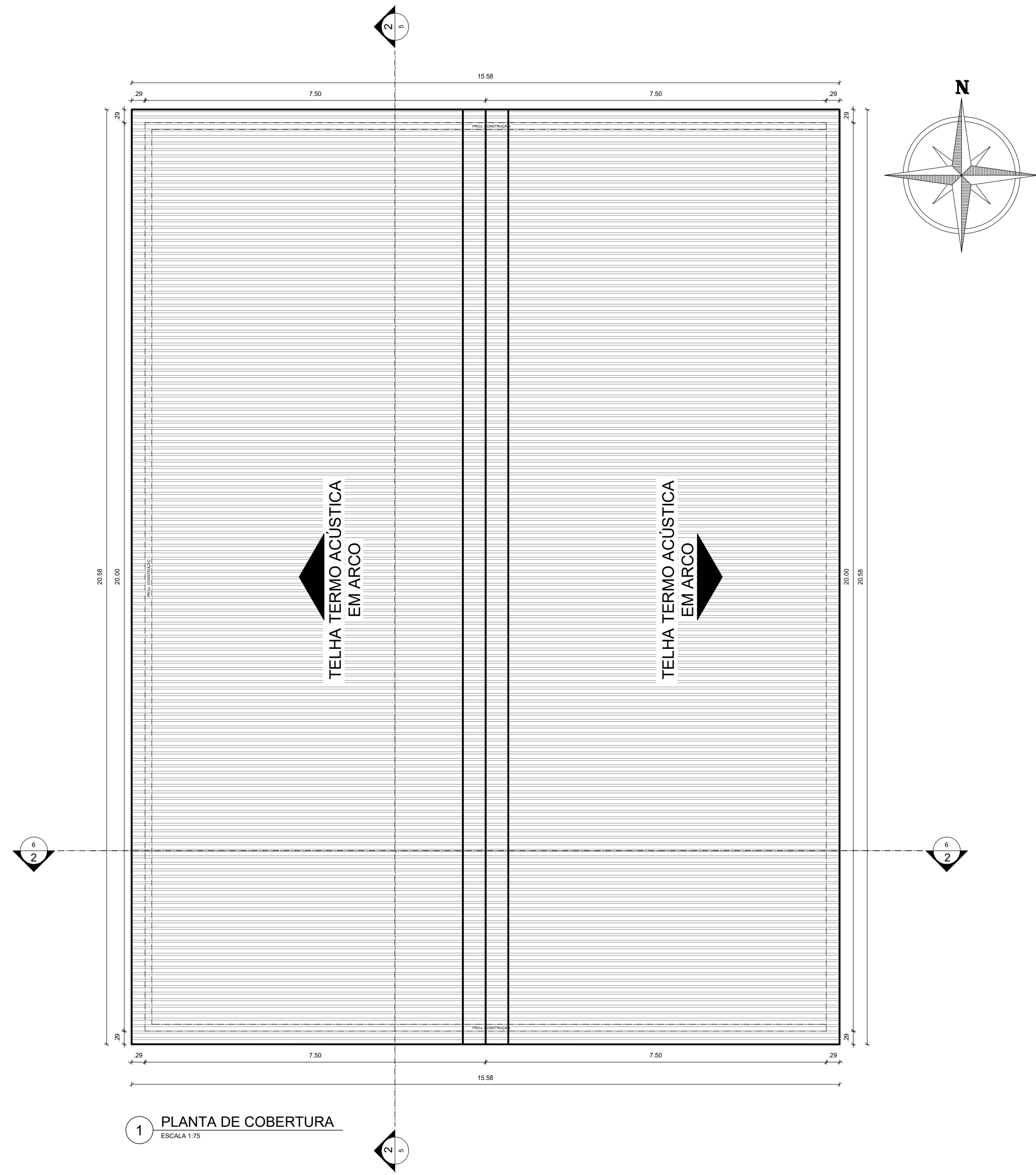
3 FACHADA POSTERIOR
ESCALA 1:100



4 FACHADA LATERAL ESQUERDA
ESCALA 1:100

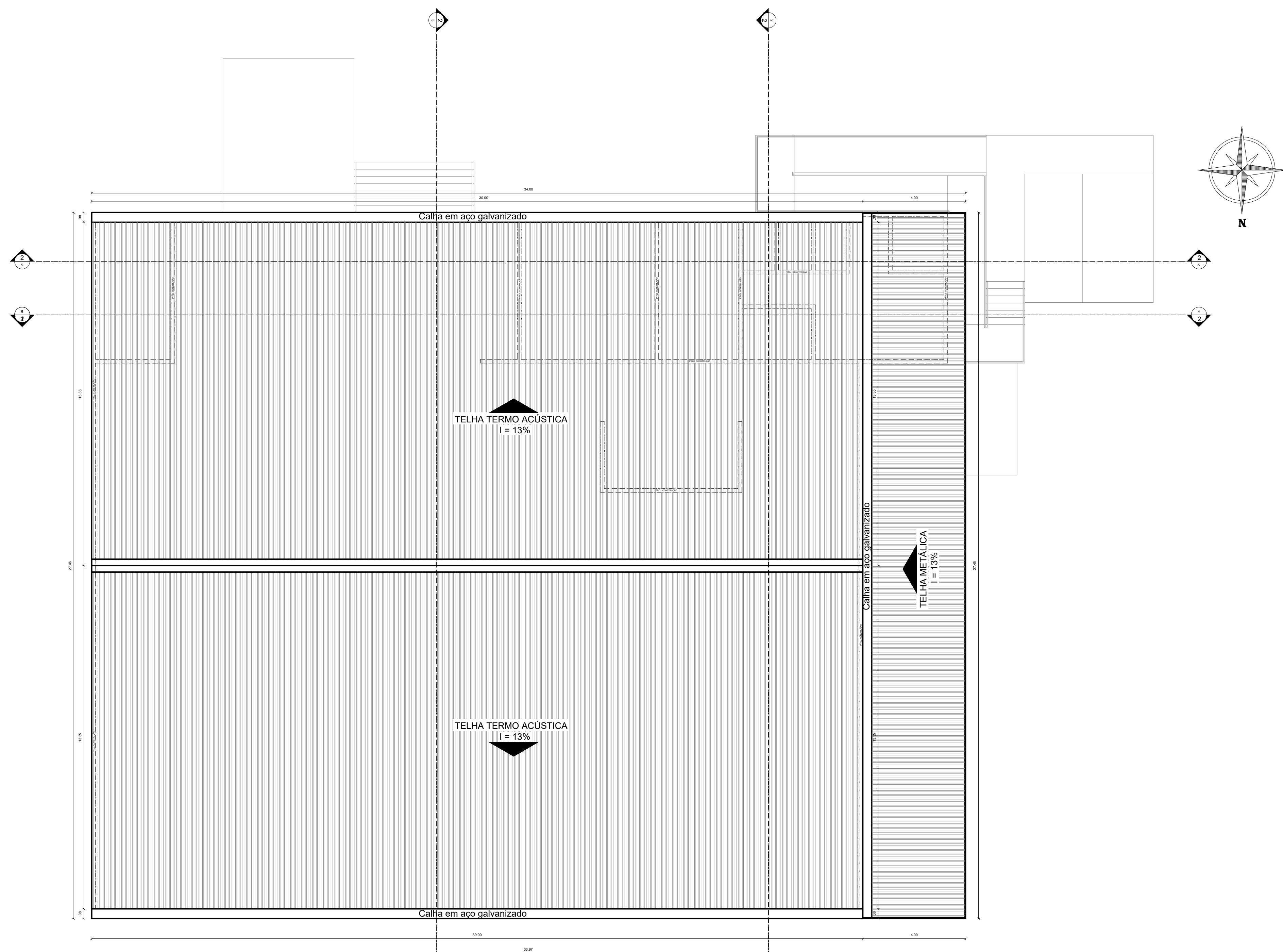
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

CURSO:	ARQUITETURA E URBANISMO	TURNO:	MATUTINO
DISCIPLINA:	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC II		
DOCENTE:	GISA BASSALO		
ASSUNTO:	GALPÃO DE TRIAGEM FACHADAS	FOLHA:	03/03
ALUNO:	LENILSON DIAS DOS SANTOS	DATA:	25/03/2025
		ESCALA:	1:100

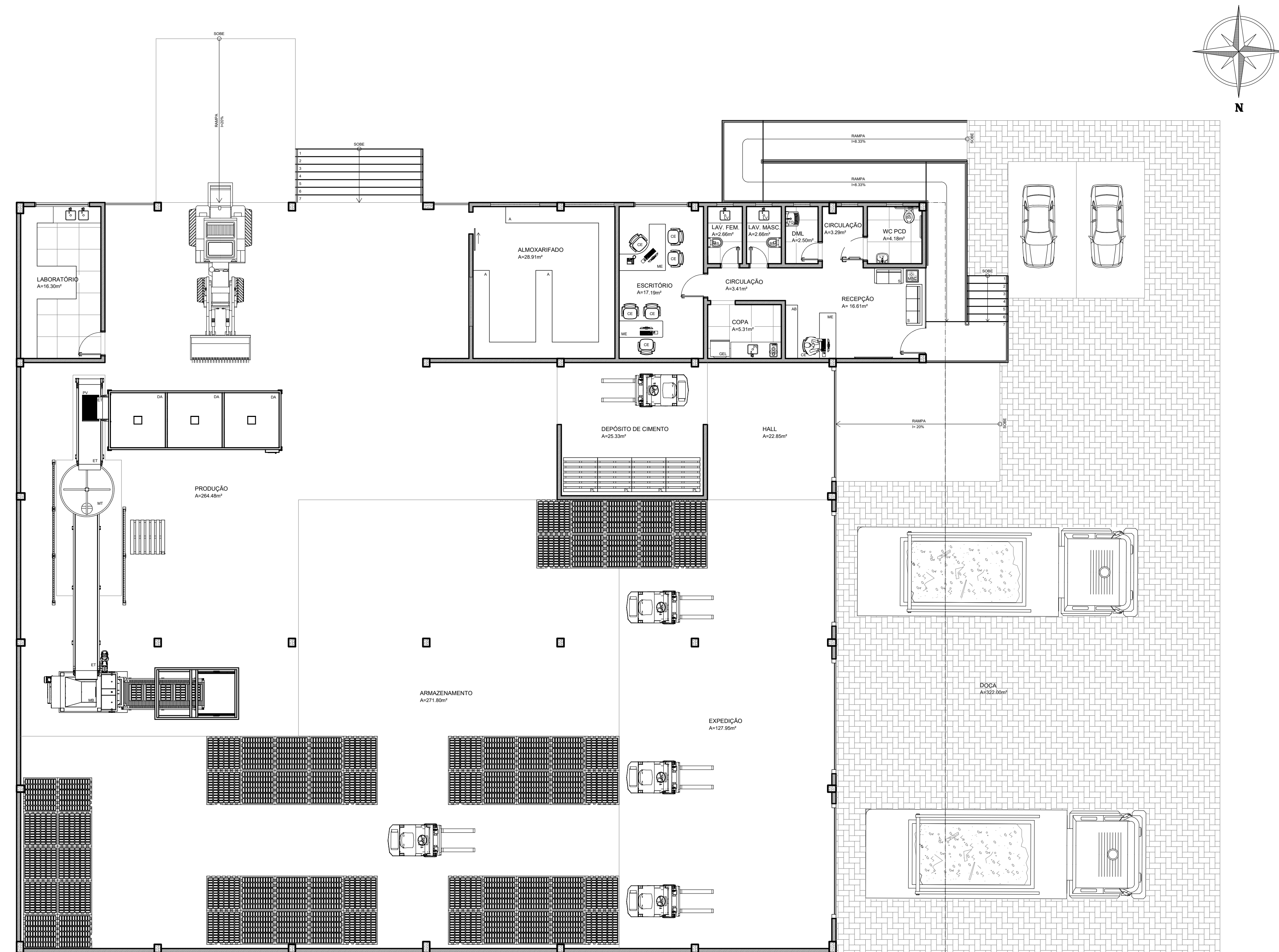


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO	TURNO	MATUTINO
DISCIPLINA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC II		
DODENTE	GISA BASSALO		
ASSUNTO	GALPÃO DE RESÍDUOS PÓS TRIADROS PLANTA DE COBERTURA - LAYOUT - LOCAÇÃO DE PILARES - PLANTA BAIXA - CORTES E FACHADAS	FOLHA	01/01
ALUNO	LENILSON DIAS DOS SANTOS	DATA	25/03/2025
		ESCALA	1:75



1 PLANTA DE COBERTURA
ESCALA 1:50



2 PLANTA DE LAYOUT
ESCALA 1:50



3 LOCALIZAÇÃO DE PILARES
ESCALA 1:50

QUANTIDADE DE MATERIAIS			
ÁREA	QUANTIDADE	UNIDADE	ESCALA
LABORATÓRIO	10	m²	1:50
ALMOXARFADO	10	m²	1:50
ESCRITÓRIO	10	m²	1:50
CIRCULAÇÃO	10	m²	1:50
WC	10	m²	1:50
COZINHA	10	m²	1:50
RECEPÇÃO	10	m²	1:50
DEPÓSITO DE CIMENTO	10	m²	1:50
HALL	10	m²	1:50
ARMAZENAMENTO	10	m²	1:50
EXPEDIENTE	10	m²	1:50
QUANTIDADE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO			
ÁREA	QUANTIDADE	UNIDADE	ESCALA
LABORATÓRIO	10	m²	1:50
ALMOXARFADO	10	m²	1:50
ESCRITÓRIO	10	m²	1:50
CIRCULAÇÃO	10	m²	1:50
WC	10	m²	1:50
COZINHA	10	m²	1:50
RECEPÇÃO	10	m²	1:50
DEPÓSITO DE CIMENTO	10	m²	1:50
HALL	10	m²	1:50
ARMAZENAMENTO	10	m²	1:50
EXPEDIENTE	10	m²	1:50

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO

DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC II

DOCENTE: GISA BASSALO

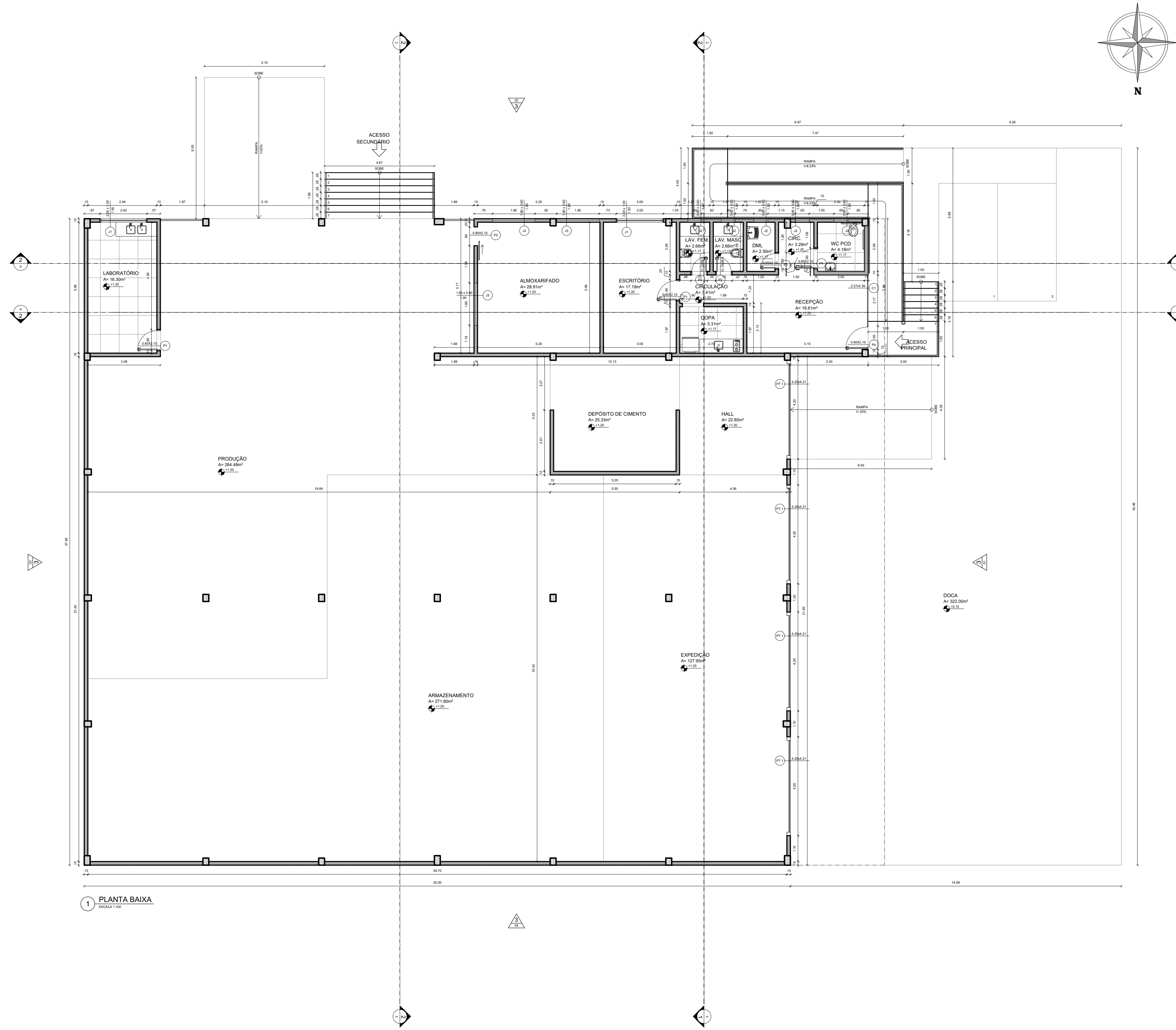
ASSUNTO: FÁBRICA DE ARTEFATOS DE CONCRETO

PLANTA DE COBERTURA- PLANTA DE LAYOUT E PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DE PILARES

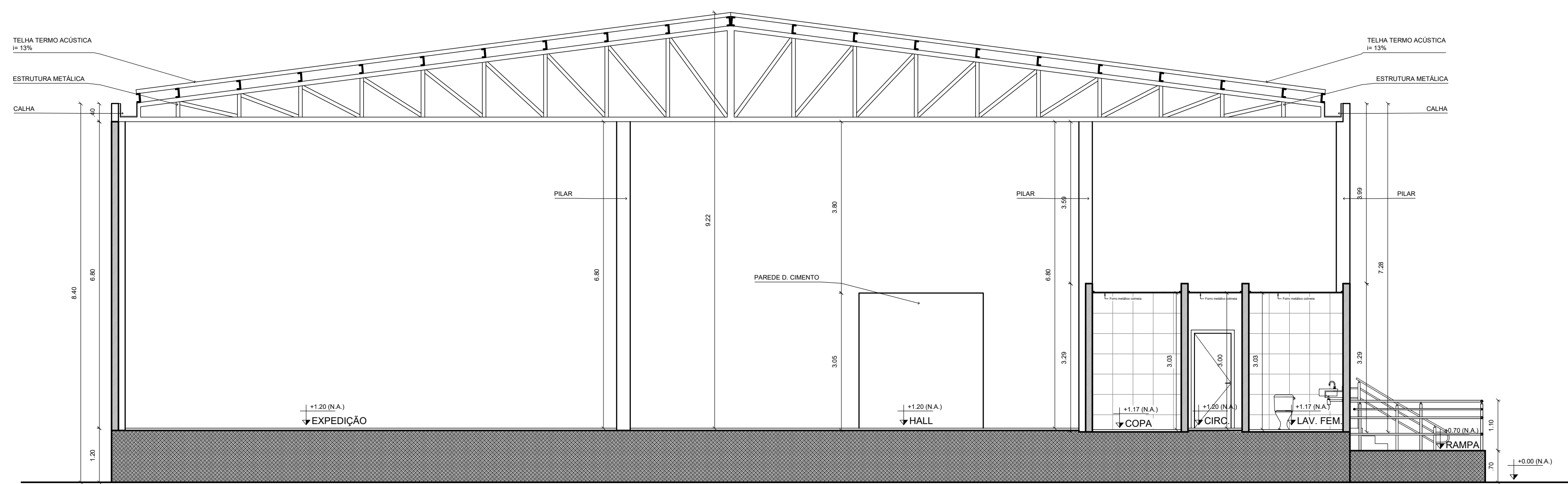
ALUNO: LENILSON DAS DOS SANTOS

DATA: 25/03/2025

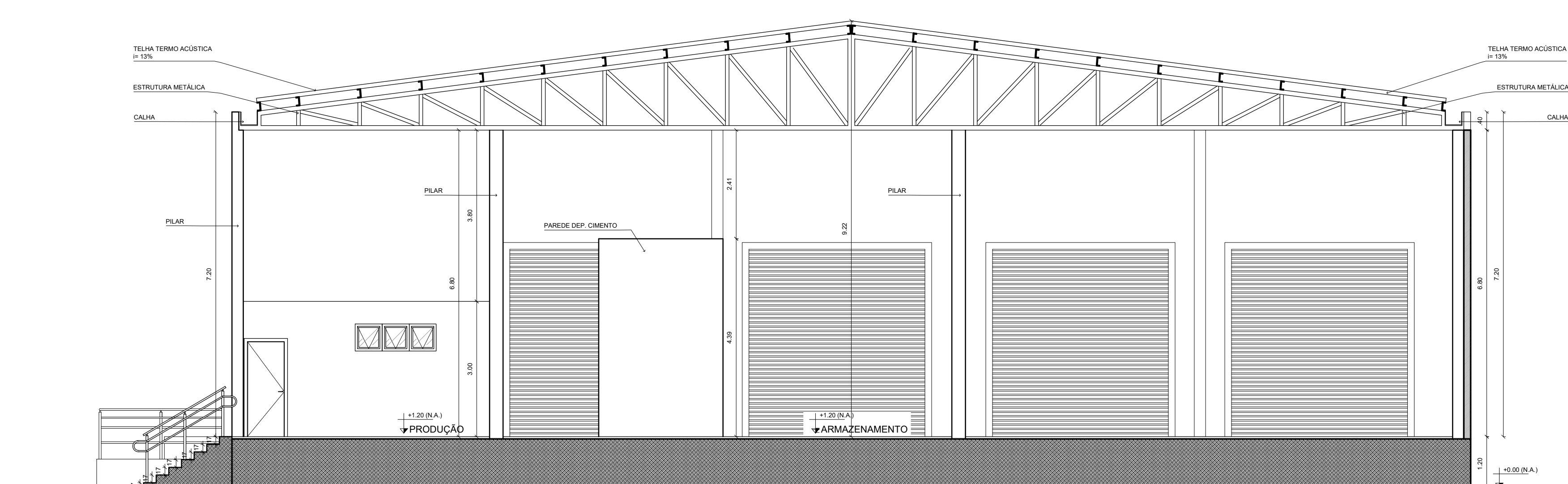
ESCALA: 1:100



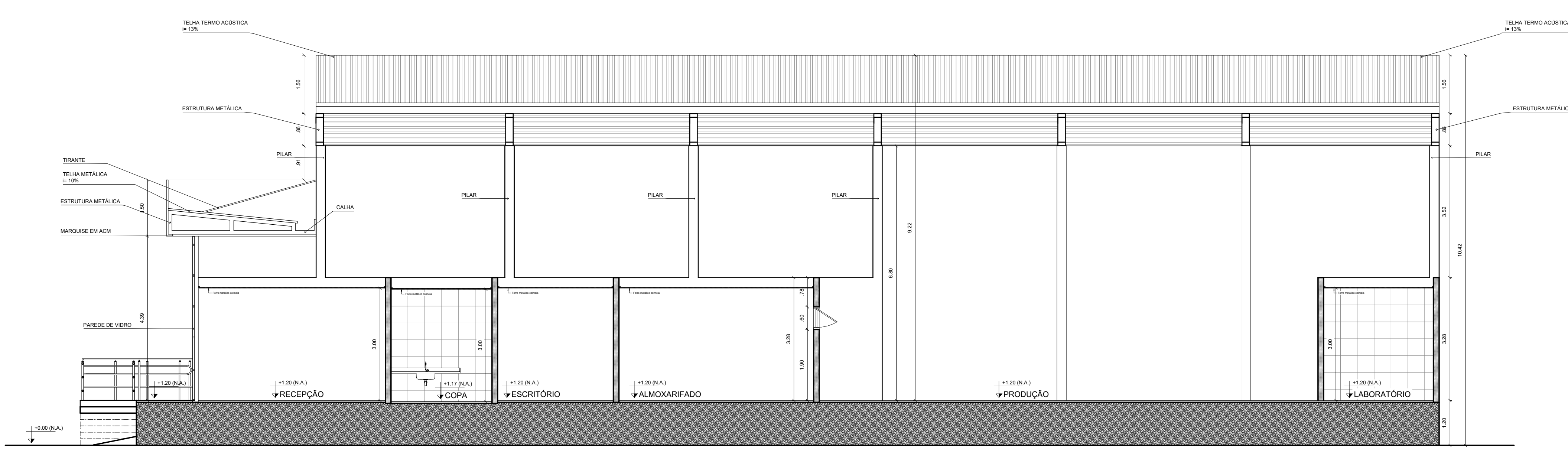
1 PLANTA BAIXA



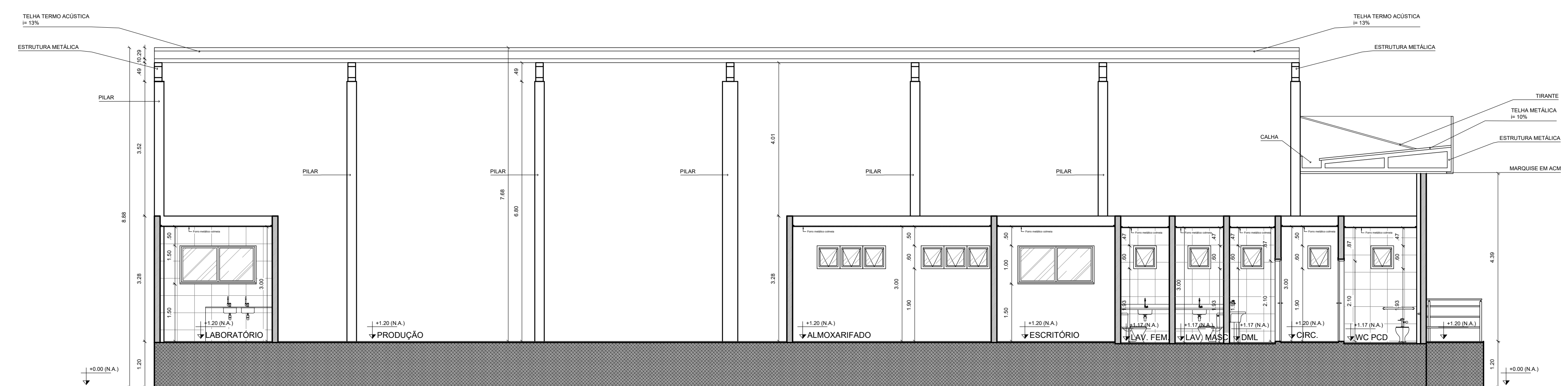
2 CORTE TRANSVERSAL 1



3 CORTE TRANSVERSAL 2



4 CORTE LONGITUDINAL



5 CORTE LONGITUDINAL 2

QUADRO DE FOLHAS				
ABRANTO	DISCIPLINA	PROFESSOR	ALUNO	DATA
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TOC II
DOCENTE: GISA BASSALO

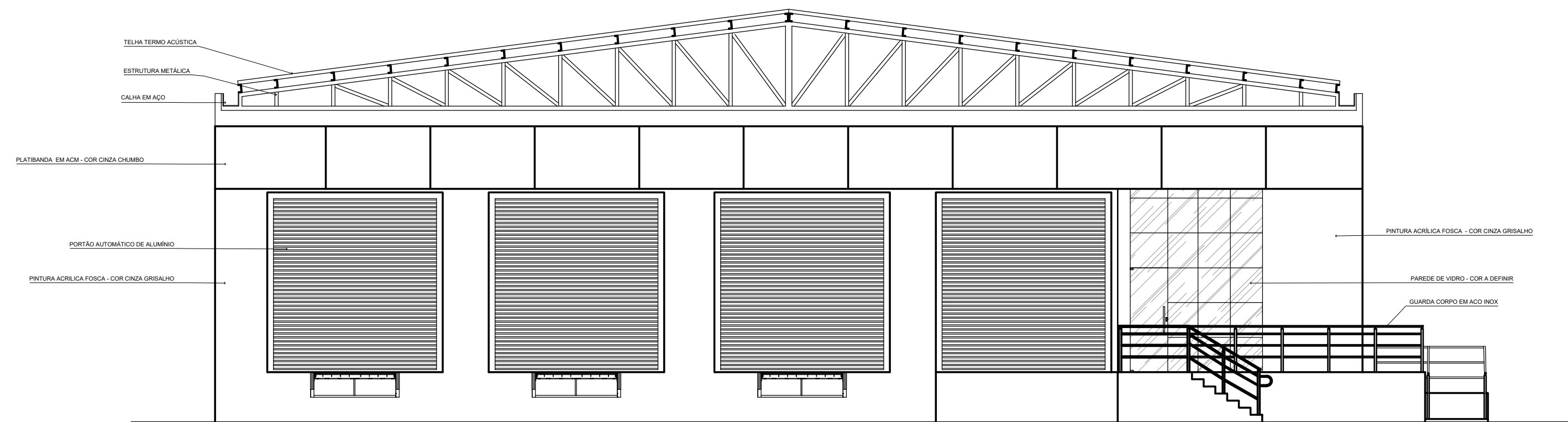
ABRANTO: FÁBRICA DE ARTEFATOS DE CONCRETO
PLANTA BAIXA E CORTES

ALUNO: LENILSON DAS DOS SANTOS

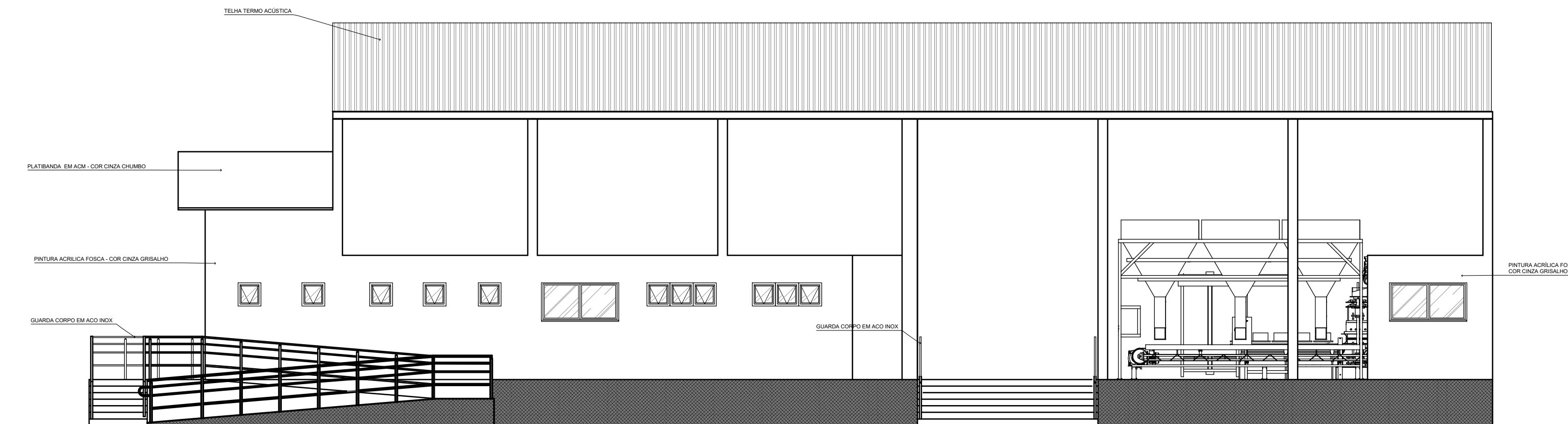
DATA: 25/03/2025

ESCALA: 1:75

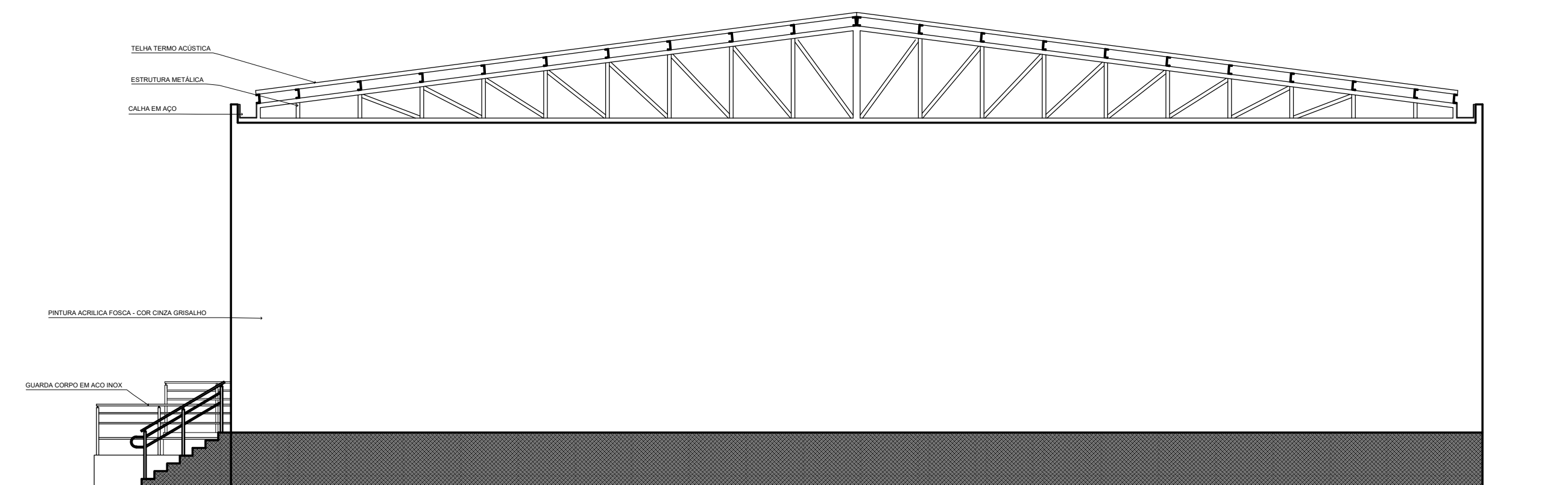
02/03



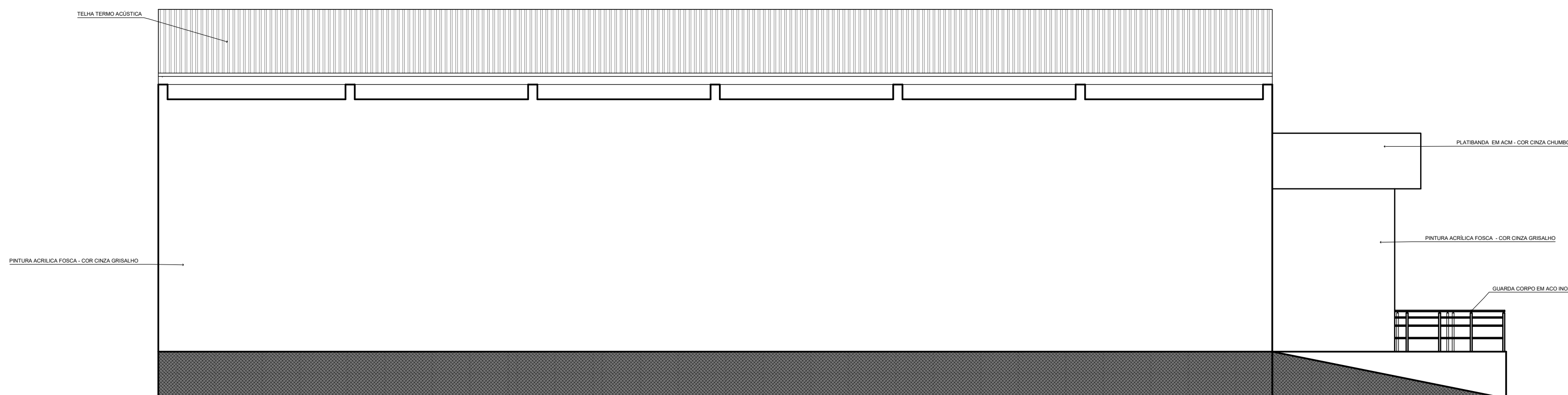
1 FACHADA FRONTAL
ESCALA 1:100



2 FACHADA LATERAL DIREITA
ESCALA 1:100



3 FACHADA POSTERIOR
ESCALA 1:100



4 FACHADA LATERAL ESQUERDA
ESCALA 1:100