

LUIZ FELIPE NUNES LEITE

***ANÁLISE DE MÉTODOS BIM NA GESTÃO DE
OBRAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE***



Universidade Federal
de São João del-Rei

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CAMPUS ALTO PARAÓPEBA**

LUIZ FELIPE NUNES LEITE

***ANÁLISE DE MÉTODOS BIM NA GESTÃO DE
OBRAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE***

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à
Coordenação do Curso de
Graduação em Engenharia Civil,
da Universidade Federal de São
João del-Rei, *Campus* Alto
Paraopeba, como requisito parcial
para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Mariana Arruda
Pereira

OURO BRANCO-MG
JANEIRO-2023

LUIZ FELIPE NUNES LEITE

***ANÁLISE DE MÉTODOS BIM NA GESTÃO DE
OBRAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 26/01/2023

COMISSÃO EXAMINADORA:

Orientadora Profa. Dra. Mariana Arruda Pereira

Profa. Dra. Dalilah Pires Maximiano

Prof. Me. José Carlos Borba Júnior

Dedico esse trabalho ao meu Pai, à minha Mãe e ao meu Irmão

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por possibilitar a realização deste grande sonho, e me permitir sonhar cada vez mais alto. A minha família, que sempre esteve ao meu lado, obrigado por toda a força e apoio nesta árdua caminhada.

A Ouro Branco e todos que conheci nesta linda cidade, obrigado por todo o acolhimento. À Universidade Federal de São João del-Rei que, com seu ensino público e gratuito me proporcionou o caminho até o tão sonhado diploma, meu muito obrigado.

Agradeço à empresa júnior de engenharia civil da UFSJ, IDEAL Consultoria, que foi de grande importância para meu aperfeiçoamento no universo BIM e na elaboração e gerenciamento de projetos e à 3G Construtora, que contribuiu de forma singular para o aperfeiçoamento da minha visão crítica frente ao canteiro de obra.

Aos professores que contribuíram de forma ímpar para minha formação, eu não chegaria aqui se não fosse pelo seu desejo de ensinar. Agradeço à minha orientadora, professora Dra. Mariana Arruda Pereira, por todo o apoio na construção deste trabalho.

“Continue indo atrás de seus sonhos, o mundo precisa das habilidades que só você tem.”

Suzane Ribeiro

RESUMO

O avanço das tecnologias possibilitou o desenvolvimento de metodologias de projeto e planejamento cada vez mais eficientes na Construção Civil. Construções de pequeno e médio porte ainda utilizam métodos mais simplificados de gestão e controle de seus processos devido à falta de capacitação de seus integrantes, da falta de acessibilidade destas tecnologias e pela incompatibilidade de complexidade entre planejamento e execução de empreendimentos dessa dimensão. Porém, é perceptível a necessidade de aperfeiçoamento dos processos construtivos na busca por prazos e custos mais exatos, com menores desperdícios e maior previsibilidade para proprietários e investidores. O presente trabalho busca analisar e aplicar, em um projeto modelo, um fluxo de trabalho dentro da metodologia BIM 4D que possibilite uma gestão de obra objetiva e confiável, levantando pontos sensíveis nas fases de projeto, planejamento e execução. Analisado todo o fluxo de trabalho para a obtenção de um projeto BIM 4D constata-se que a metodologia proporciona projetos mais assertivos em suas propostas com melhores ferramentas de compatibilização, independentemente do porte da edificação. A integração entre os *softwares* utilizados é fundamental visto a necessidade de adequações rápidas considerando os imprevistos que ocorrem nos canteiros de obra. Além disso, a ausência de objetos paramétricos fiéis aos produtos acessíveis localmente, que serão empregados na construção, pode comprometer algumas das principais vantagens da metodologia em representar com precisão o que será construído, comprometendo a detecção automática de erros de projeto e a futura utilização do modelo em outras dimensões da metodologia. Foram utilizados os softwares *AutoCAD*, *Excel*, *MS Project*, *Navisworks*, *REVIT* e *Twinmotion* para a elaboração do projeto e planejamento.

ABSTRACT

The advancement of technologies has enabled the development of increasingly efficient design and planning methodologies in Civil Construction. Small and medium-sized constructions still use more simplified methods of management and control of their processes due to the lack of training of their members, the lack of accessibility of these technologies and the complexity incompatibility between planning and execution of projects of this size. However, it is noticeable the need to improve construction processes in search for more accurate deadlines and costs, with less waste and more predictability for owners and investors. The present work aims to analyze and apply, in a model project, a workflow within the BIM 4D methodology that enables an objective and reliable work management, raising sensitive points in the design, planning and execution phases. Analyzing the entire workflow for obtaining a BIM 4D project, it can be seen that the methodology provides more assertive projects in their proposals with better compatibility tools, regardless of the size of the Building. The integration between the softwares used is essential given the need for quick adaptations considering unforeseen events that occur on construction sites. Furthermore, the absence of parametric objects faithful to the locally accessible products, which will be used in the construction, may compromise one of the main advantages of the methodology in accurately representing what will be built, compromising the automatic detection of design errors and the future use of the model in other dimensions of the methodology. The softwares *AutoCAD*, *Excel*, *MS Project*, *Navisworks*, *REVIT* and *Twinmotion* were used for the elaboration of the project and planning.

SUMÁRIO

Agradecimentos	7
Resumo	9
Abstract.....	10
Sumário.....	11
Lista de figuras	13
Lista de tabelas	15
Lista de anexos	16
Lista de abreviaturas e siglas	17
1. Introdução.....	18
1.1 – Objetivos.....	20
2. Revisão de literatura.....	22
2.1 – Considerações iniciais.....	22
2.1.1 - Adoção do bim.....	22
2.1.2 - Benefícios e desafios da metodologia bim.....	23
2.1.3 - Objetos paramétricos	24
2.1.4 - Mão de obra e treinamento	25
2.2 – Planejamento.....	25
2.2.1 - Gráfico de Gantt.....	26
2.2.2 - Planejamento a longo prazo	26
2.2.3 - Planejamento a médio prazo	26
2.2.4 - Planejamento de curto prazo	27
2.3 – Acompanhamento e controle	27
2.3.1 - Curva ABC.....	27
2.3.2 - Curva S.....	28
2.4 – Gestão de qualidade	28
2.4.2 - Ciclo PDCA	30

2.5 – Mudanças de escopo	31
2.7 – Aplicativos de gestão de obra e suas funcionalidades	31
3. Materiais e métodos	32
3.1 – Abertura de projeto	33
3.2 – Estudo de layout e projeto CAD 2D	33
3.3 – Projeto bim 3D.....	34
3.4 – Projeto BIM 4D	34
4. Resultados e discussão	35
4.1 – <i>Softwares</i>	35
4.2 – Análise do fluxo de trabalho	35
4.2.1 - Projeto CAD 2D.....	36
4.2.2 - Projeto arquitetônico BIM	36
4.2.3 - Projeto hidráulico e projeto sanitário BIM	38
4.2.4 - Projeto elétrico BIM	40
4.2.5 - Projeto estrutural.....	41
4.2.6 - Compatibilização de projetos.....	41
4.3 – Planejamento BIM 4D	43
4.4 – Impactos na gestão de obra	44
5. Conclusões	45
Referências bibliográficas	46
Anexo A – Projeto 2D CAD.....	48
Anexo B – Planejamento da construção	69
Anexo C – Imagens projeto 3D BIM renderizadas	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Compatibilização de projetos.....	22
Figura 2 – Canteiro de obra em função do tempo.	23
Figura 3 - Objeto paramétrico e suas propriedades.	25
Figura 4 - Gráfico de Gantt.	26
Figura 5 - Curva ABC.	27
Figura 6 - As cinco opções da curva S.	28
Figura 7 - Ciclo PDCA.	30
Figura 8 - Cortes automáticos.....	36
Figura 9 - Comparação entre imagem não renderizada e renderizada.	37
Figura 10 - Visualizações 3D do Projeto Hidráulico.....	39
Figura 11 - Visualizações 3D do Projeto Sanitário.	39
Figura 12 - Visualizações 3D do Projeto Elétrico.	40
Figura 13 - Visualização 3D do Projeto Estrutural.....	41
Figura 14 - Compatibilização de projetos hidráulico (azul), sanitário (verde), elétrico (amarelo) e estrutural.....	42
Figura 15 - Ferramenta <i>Clash Detective</i> detectando incompatibilidade entre o projeto estrutural e sanitário.....	42
Figura 16 – Cronograma resumo.	43
Figura 17 - Muro frontal.....	74
Figura 18 – Jardim frontal	74
Figura 19- Hall de entrada	75
Figura 20 – Varanda lateral	75
Figura 21 – Pergolado Fundos.....	75
Figura 22 - Fonte	76
Figura 23 – Área de Serviço	76

Figura 24 – Sala.....	76
Figura 25 – Suíte 1	77
Figura 26 – Jardim Exclusivo suíte 1	77
Figura 27 – Suíte 2	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Técnicas e ferramentas <i>Lean</i>	29
Tabela 2 – Etapas de desenvolvimento de projeto.	32
Tabela 3 - Custo mensal de <i>softwares</i>	35

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Projeto 2D CAD.....	47
Anexo B – Planejamento da construção	68
Anexo C – Imagens 3D BIM renderizadas.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modeling</i> – Modelagem da informação da Construção
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – Desenho Assistido por Computador
CPM	Critical Path Method – Método do caminho crítico
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
LPS	<i>Last Planner Sistem</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> – Técnica de avaliação e Revisão de Programa
PDCA	Ciclo Planejar Desempenhar Checar Agir
UFSJ	Universidade Federal de São João del-Rei
ZAR4	Zona de Adensamento Restrito Quatro
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
4D	Quatro Dimensões
5D	Cinco Dimensões
6D	Seis Dimensões

1. INTRODUÇÃO

Modelagem da informação da construção (em inglês, *Building Information Modeling* - BIM) é a metodologia de projeto que cria um modelo virtual preciso de uma edificação, fornecendo modelos e parâmetros exatos para o levantamento de dados para todas as etapas da construção (EASTMAN et al., 2014). Essa metodologia é uma forma de integração da concepção, produção e uso da edificação, permitindo maior produtividade e rentabilidade ao processo construtivo (LEUSIN, 2020).

No Brasil, o governo federal, por meio da Estratégia Nacional de Disseminação BIM, visa incentivar a adoção dessa metodologia e determina mediante de decreto datas limites à adequação da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), para sua implementação na execução de projetos e obras de interesse nacional (BRASIL, 2020).

A busca por eficiência e redução de custos é algo intrínseco do processo produtivo, destacando-se os profissionais que conseguem alcançar esses objetivos de forma mais eficiente. O processo BIM surgiu como uma ferramenta importante na melhoria de processos de planejamento de construção, e está cada vez mais difundido, sendo a causa principal de insucesso em sua implementação a baixa qualificação dos gestores nas especificidades do processo BIM (LEUSIN, 2020).

Projetos que utilizam BIM podem ser feitos de forma integrada em diferentes dimensões: Geométricas (3D), com as representações espaciais do empreendimento, fornecendo especificações e quantitativos de materiais; Planejamento (4D), representando prazos, e o cronograma da obra; Orçamento (5D), indicando custos de serviços e materiais; Sustentabilidade (6D) informando sobre o uso, operação e manutenção da edificação; além de diversas outras dimensões que podem ser acrescentadas ao modelo (CAMPESTRINI et al., 2015). Segundo Eastman et al. (2014) a adoção da metodologia BIM tem sido lenta e quase exclusiva a grandes empresas, sendo muitas vezes necessário recorrer a metodologia CAD (2D) para total integração de todos os envolvidos nos processos projetivos e construtivos de um empreendimento.

Com o constante aumento do padrão de exigência de proprietários e as limitações dos recursos financeiros, é imprescindível o investimento no controle de processos, visto

que sem esse controle, os gestores perdem de vista indicadores de prazo, custo, lucro e retorno sobre o investimento (MATTOS, 2019).

Segundo este mesmo autor, sendo o planejamento e controle, ferramentas de grande importância no desempenho da produção, visto a consequente capacidade do gestor de dar respostas rápidas a eventuais redirecionamentos estratégicos, a metodologia BIM possui ampla aplicabilidade na melhoria de fluxos de trabalho aprimorando a agilidade dos processos de planejamento e gestão, sendo necessária a interligação de softwares e aplicativos para melhor atender as necessidades de cada gestor em seus empreendimentos.

Culturalmente, edificações de pequeno e médio porte não empregam metodologias complexas de planejamento e controle do processo produtivo, seja pela falta de qualificação profissional dos responsáveis seja pela baixa adesão de fornecedores de materiais e serviços. Segundo Vieira (2006), em um ambiente mercadológico mais competitivo, e consumidores mais exigentes, é inevitável as empresas buscarem maior eficiência técnico-econômica aplicando tecnologias operacionais que contribuam com a produtividade e o nível de serviço oferecido.

Do ponto de vista logístico, é necessário a melhoria do ambiente de trabalho da construção civil em relação a qualidade dos serviços, porém, o baixo nível de escolaridade da mão de obra dificulta esse processo. As maiores dificuldades na implementação de sistemas de gestão é a resistência nos níveis hierárquicos com menor capacitação técnica, sendo recomendáveis programas educacionais para posterior treinamento em busca de qualidade (VIEIRA, 2006).

Sendo a metodologia BIM uma ferramenta altamente especializada, cabe a gerência adequar a linguagem para alcançar toda sua equipe. Segundo Vieira (2006), a administração deve se comprometer com a melhoria de qualidade, deixando todos os níveis hierárquicos cientes de sua importância.

Um sistema de controle deve permitir a análise do projeto nos aspectos técnicos financeiros e gerenciais, sendo realizado paralelamente a execução, permitindo eventuais correções de planejamento e otimizando os objetivos finais propostos (LIMMER, 1996).

“O sistema de controle deve ser adequado às necessidades do empreendimento e seu custo não deve ser maior que o benefício por ele

proporcionado. Diversos sistemas de controle com grau variável de complexidade e de perfeição podem ser aplicados, desde que atendam às necessidades do gerenciador e do dono do empreendimento. É evidente que um projeto de grande porte exige um sistema de controle muito mais detalhado e complexo do que um de pequeno porte, sendo comuns, em projetos, controles muitas vezes desnecessários e de custo incompatível com as vantagens que proporcionam” (LIMMER, 1996, p122).

O BIM tem sido amplamente utilizado como uma ferramenta de compatibilização espacial entre todos os projetos de uma edificação. Sobre a colaboração e conexão entre diferentes profissionais se destaca o papel do coordenador BIM, o profissional responsável pelas discussões com os profissionais certos no momento correto, alinhando processos de desenvolvimento de projeto para tomadas de decisões consistentes e coerentes (CAMPESTRINI et al., 2015).

Segundo este mesmo autor, para melhores tomadas de decisões é necessário a informação, e aquele que melhor processa-las poderá contribuir mais para o desenvolvimento do projeto. O volume de informações tem ultrapassado a capacidade humana de analisá-las, sendo necessário ferramentas computacionais para esta gestão.

Diante disso, este trabalho propõe o estudo da metodologia BIM aplicadas em empreendimentos de pequeno e médio porte, analisando a dinâmica de integração de softwares no fluxo de trabalho dos agentes envolvidos na Indústria AEC.

1.1 – Objetivos

Este trabalho visa avaliar a viabilidade do uso de ferramentas de gestão em BIM em obras de pequeno e médio porte, com a aplicação de métodos detalhados em construções com baixo nível de complexidade.

Para alcançar o objetivo principal listam-se as seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre a aplicação do BIM, buscando o método mais prático e acessível de aplicar diferentes softwares que, integrados, permitam o melhor fluxo de trabalho no planejamento de curto e longo prazo dentro dos canteiros de obra;

- Análise do uso da metodologia BIM como ferramenta de gestão e programação do processo construtivo; avaliando a aplicação de métodos complexos de planejamento em edificações de pequeno e médio porte;
- Análise de *softwares* ou aplicativos que colaborem para o melhor acompanhamento por parte dos proprietários do andamento da construção (Real x planejado);
- Definição de uma metodologia de integração de softwares para o melhor fluxo de trabalho dentro de um canteiro de obras;
- Elaboração de um projeto modelo, para montagem do planejamento (BIM 4D) utilizando o método ideal encontrado na revisão bibliográfica, para uma avaliação mais real do fluxo de trabalho e levantamento de dificuldades encontradas no processo;

2. REVISÃO DE LITERATURA

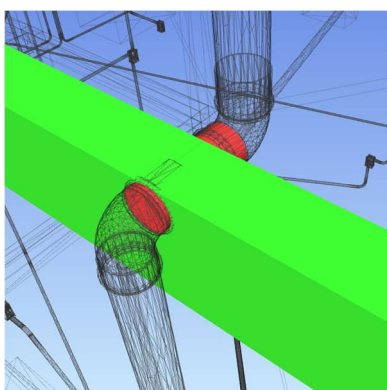
2.1 – Considerações Iniciais

2.1.1 - Adoção do BIM

O BIM constrói estruturas virtuais antes da construção física, permitindo que os projetistas explorem o projeto em um ambiente virtual, sendo mais barato a realização de mudanças do que durante a construção. O BIM não é apenas um programa, é um conjunto de processos, tecnologias e comportamentos, que funcionam como tripés para um pleno funcionamento da metodologia (HARDIN; MACCOOL, 2015).

Empresas de engenharia tendem a assumir novas tecnologias tentando aplicá-las em processos antigos, gerando desperdícios por não considerarem as implicações da nova ferramenta. A compatibilização de projetos, por exemplo, retratada na Figura 1, é muito facilitada com a utilização de ferramentas BIM, mas as reuniões presenciais entre profissionais para discussão desses conflitos, como realizadas em processos CAD, pode comprometer a agenda desses profissionais visto o maior número de detecção de incompatibilidades. A utilização de ferramentas hospedadas em servidores online, no formato *cloud*, notificam os usuários em tempo real quando criam conflitos, garantindo maior fluidez ao processo (HARDIN; MACCOOL, 2015).

Figura 1 - Compatibilização de projetos.



Fonte: Autoria Própria, *Software Navisworks*.

Segundo este mesmo autor, uma integração bem sucedida do BIM envolve a utilização de ferramentas que funcionam, cabendo a equipe analisar criticamente as ferramentas disponíveis, analisando em que elas contribuem para o fluxo de trabalho. A

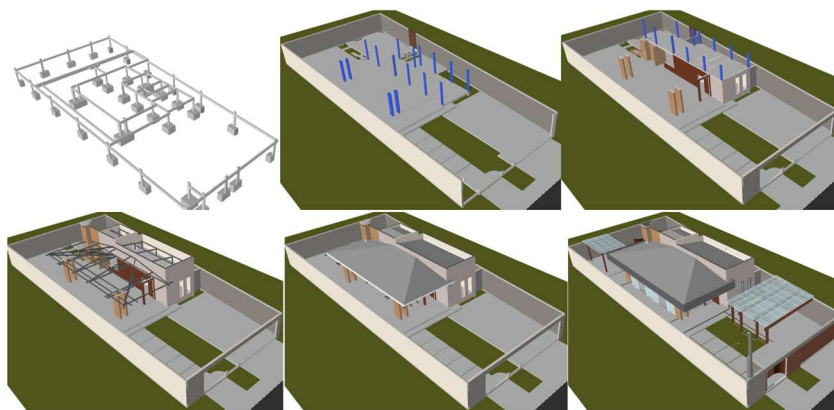
forma como a equipe se comporta frente a adoção desta tecnologia é fundamental para sua integração. Empresas com culturas de inovações criam uma dinâmica persistente onde a mudança é uma constante e melhorias e análises são esperadas.

2.1.2 - Benefícios e desafios da metodologia BIM

Segundo Eastman et al. (2014) o BIM proporciona diversos benefícios: para o proprietário, a metodologia proporciona análises orçamentárias mais precisas e uma melhor visualização e estudo dos modelos propostos. Para o projeto, a construção simultânea do modelo tridimensional ao desenho em planta; a utilização de objetos paramétricos garante que o modelo seja construtível; a possibilidade de extrair rapidamente desenhos precisos de objetos ou vistas específicas em qualquer momento do projeto e após modificações e a colaboração entre diferentes disciplinas na elaboração de um mesmo projeto.

Para a construção, com a utilização do BIM 4D, a visualização da construção e do canteiro em qualquer momento do tempo (Figura 2), proporciona um melhor controle do canteiro, dos equipamentos, da mão de obra, de conflitos espaciais e de problemas de segurança; a compatibilização de projetos e detecção de inconsistências antes do início da construção; a velocidade de ajustes de projeto decorrentes de mudanças durante o processo construtivo; a utilização do modelo 3D como base para componentes fabricados como estruturas metálicas ou pré-moldadas; melhor implementação de técnicas de construção enxuta (*lean construction*) proporcionando melhor sincronia entre a aquisição de materiais e a execução do projeto (EASTMAN et al., 2014).

Figura 2 – Canteiro de obra em função do tempo.



Fonte: Autoria Própria, *Software Navisworks*.

Para a pós construção o projeto BIM proporciona melhor gerenciamento de todos os sistemas da edificação, quando realizada a atualização *as built* (como construído), estas informações tornam-se ainda mais úteis para o gerenciamento e operação do empreendimento (EASTMAN et al., 2014).

Apesar dos benefícios proporcionados pelo BIM, são necessárias mudanças nas dinâmicas de interação das equipes envolvidas visto o trabalho conjunto de diferentes disciplinas em fases mais iniciais de projeto. A adoção de metodologias e fluxos de trabalho por todos os envolvidos no empreendimento é fundamental para o desenvolvimento de equipes efetivas. Quando membros da equipe não utilizam o BIM, a necessidade de adaptação dos projetos por terceiros acrescenta custos e tempo ao empreendimento. Quando a equipe, mesmo utilizando BIM, emprega ferramentas de modelagem diferentes, a adesão de padrões IFC¹ de compartilhamento de dados facilitará essa comunicação, porém haverá um aumento de complexidade e a introdução de potenciais erros no modelo (EASTMAN et al., 2014).

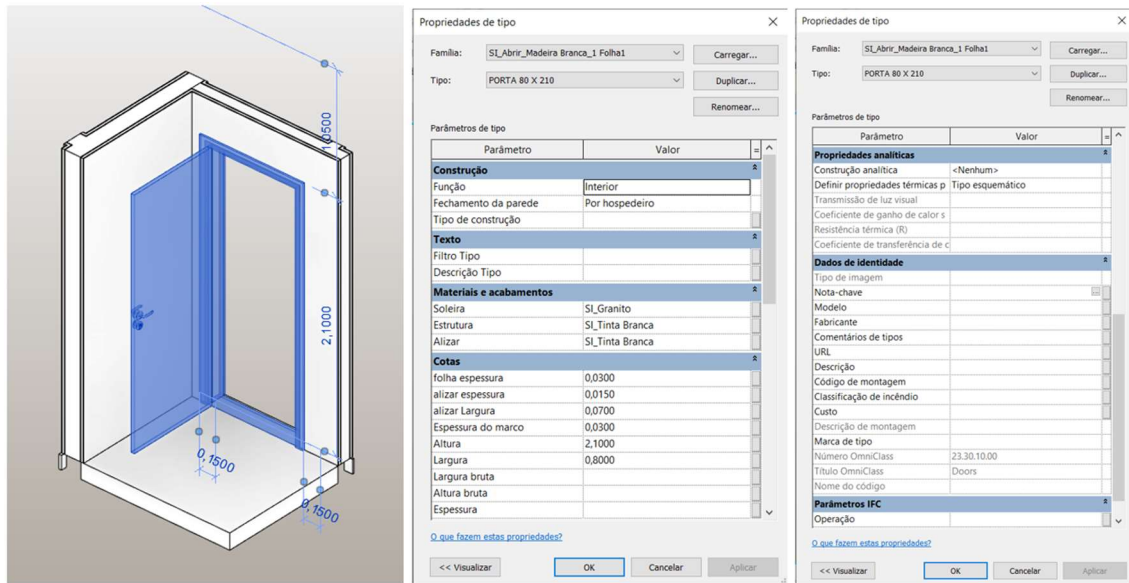
2.1.3 - Objetos Paramétricos

Objeto paramétrico é um importante conceito para a compreensão da metodologia BIM e sua diferença com o método CAD. Consiste em elementos geométricos tridimensionais com dados e regras associadas. Regras que definem mudanças geométricas de forma automática, possibilitando ajustes padronizados destes elementos e informando quando estes ajustes violam a viabilidade do objeto (SACKS et al., 2021).

Segundo este mesmo autor os objetos podem ser definidos em diferentes níveis hierárquicos de agregação, sendo um componente formado por um conjunto de subcomponentes com características próprias que formam o todo. Como mostrado na Figura 3, estes elementos carregam consigo todas as suas especificações que podem ser utilizadas para outras aplicações na metodologia BIM.

¹ *Industry Foundation Classes* (IFC) foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de software de AEC (EASTMAN et al., 2014).

Figura 3 - Objeto paramétrico e suas propriedades.



Fonte: *Software REVIT*.

2.1.4 - Mão de Obra e treinamento

O BIM é apenas uma ferramenta, sendo tão eficiente quanto os profissionais que o utilizam. Os profissionais que podem causar maior impacto com a utilização desta metodologia são os gestores de obra, que estão na linha de frente, interagindo com proprietários e se dedicando a um trabalho de qualidade e à segurança de seus funcionários. A grande dificuldade encontrada por grandes empresas é a atribuição da ferramenta aos profissionais corretos, com capacidade para utilizar essa ferramenta em todo seu potencial (HARDIN; MACCOOL, 2015).

Segundo este mesmo autor, o treinamento de pessoal em campo deve ser mais objetivo, a equipe na obra não precisará criar estimativas, animações de sequenciamentos ou contratos BIM. No entanto eles deverão ter a capacidade de aproveitar o modelo para a execução de certas tarefas, como validação das instalações, detecção e acompanhamento de problemas, gerenciamento de mudanças e lista de pendências, comissionamento e fechamento de projetos.

2.2 – Planejamento

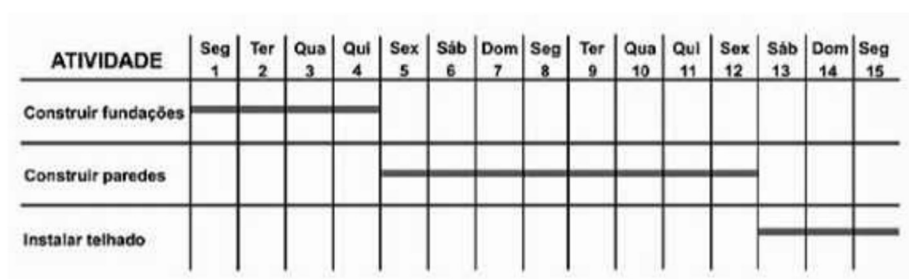
Um processo bem definido de planejamento, gera um cronograma, levando em conta os resultados dos cálculos efetuados segundo o método PERT (Técnica de

Avaliação e Revisão de Programa) com a adoção de valores de duração determinísticos e CPM (Método do Caminho Crítico) com a adoção de valores de duração probabilísticos otimistas, pessimistas e mais prováveis (MATTOS, 2010).

2.2.1 - Gráfico de Gantt

O Gráfico de Gantt (Figura 4) é o planejamento das atividades ao longo do tempo. A coluna à esquerda corresponde a descrição das atividades planejadas, à direita barras horizontais cujo comprimento representam a duração de cada atividade e sua posição no calendário (MATTOS, 2010).

Figura 4 - Gráfico de Gantt.



Fonte: Mattos, 2010.

2.2.2 - Planejamento a longo prazo

Também denominado de plano mestre, apresenta um baixo nível de detalhes sendo utilizado para identificação dos principais objetivos do empreendimento. É responsável por situar os principais gerentes nas principais atividades a serem desenvolvidas servindo de base para o estabelecimento de contratos (FORMOSO et al.; 1999, TOMMELEIN, BALLARD; 1997, apud. BERNARDES 2021).

2.2.3 - Planejamento a médio prazo

Planejamento que vincula metas ao plano mestre. É essencial para o desenvolvimento do planejamento a curto prazo para redução de custos e durações, é dinâmico, reduzindo atividades que não agregam valor ao processo produtivo. Descreve os métodos construtivos, os recursos necessários no canteiro e as restrições relacionadas ao desenvolvimento dos trabalhos (LAUFER; 1997, TOMMELEIN, BALLARD; 1997, apud. BERNARDES 2021).

2.2.4 - Planejamento de curto prazo

Planejamento que prevê ações capazes de protegerem a produção contra os efeitos da incerteza, identificando as ações que atendem os requisitos a curto prazo, mas que não são consideradas prioritárias pelo plano a longo prazo. Seu principal papel é a garantia do fluxo de trabalho para equipes de produção em caso de problemas que impeçam a execução de atividades inicialmente previstas (BALLARD; HOWEL, 1997, CHOO et al., 1999, apud. BERNARDES 2021).

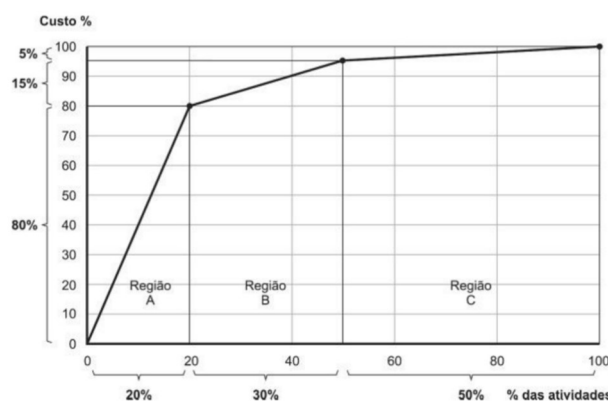
2.3 – Acompanhamento e Controle

2.3.1 - Curva ABC

A curva ABC, (Figura 5), corresponde a classificação dos materiais relacionando a porcentagem de itens com seu respectivo investimento. Nos itens de maior custo, poucos itens correspondem a grande parcela do valor total e nos itens de menor custo, muitos itens correspondem a uma pequena parcela do valor total. Com esta divisão o gestor pode empenhar um controle mais rigoroso em poucos itens para alcançar maior retorno financeiro (SACOMANO,2004).

Os itens classificados como “A” são 20 % dos itens que representam 80 % do valor total, necessitando de rigoroso controle. A classe “B” correspondem 30 % dos itens que equivalem a 15 % do valor total, podendo ter pouco controle e a classe “C” correspondem 50 % dos itens representando 5 % do investimento, necessitando de pouco ou nenhum controle (PINHEIRO,2014).

Figura 5 - Curva ABC.



Fonte: PINHEIRO; 2014.

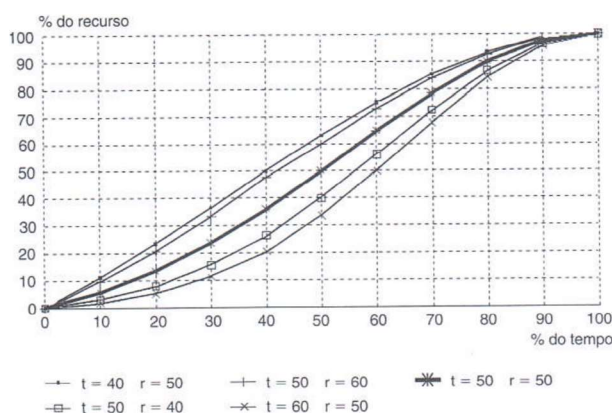
Segundo Sacomano (2004) a curva ABC é o ponto de partida para a avaliação do orçamento da obra, permitindo avaliar quais itens terão maior impacto no custo final.

2.3.2 - Curva S

Segundo Limmer (1996), a Curva S (Figura 6) representa de forma gráfica a distribuição de um recurso ou homens-horas de forma cumulativa em função do tempo, permitindo analisar o ritmo do andamento previsto para sua implementação. O ritmo é definido pelo coeficiente angular da curva sendo usual as seguintes opções:

- 40 % do planejado ser concluído em 50 % do tempo;
- 50 % do planejado ser concluído em 50 % do tempo;
- 60 % do planejado ser concluído em 50 % do tempo;
- 50 % do planejado ser concluído em 40 % do tempo;
- 50 % do planejado ser concluído em 60 % do tempo.

Figura 6 - As cinco opções da curva S.



Fonte: LIMMER, 1996.

2.4 – Gestão de qualidade

2.4.1 - Lean construction

Construção enxuta (em inglês, *lean construction*) é o conjunto de técnicas, descritas na Tabela 1, que proporcionam uma melhor coordenação entre os envolvidos na construção para que trabalhos sejam executados no momento em que os recursos apropriados estejam disponíveis no canteiro, minimizando desperdícios, reduzindo a

necessidade de estoques e, conseqüentemente, reduzindo custos (EASTMAN et al., 2014).

Tabela 1 - Técnicas e ferramentas *Lean*.

Práticas <i>lean construction</i> (ferramentas e técnicas)	Descrição	Autores
<i>Just-in Time</i> (JIT)	É uma técnica para reduzir o fluxo de tempo de produção, bem como reduzir o tempo de resposta dos fornecedores aos usuários finais.	BALLARD; HOWELL (2003); BANAMA et al. (2019).
<i>Last Planner System</i> (LPS)	O LPS é uma técnica de planejamento colaborativo que permite fazer um planejamento mútuo aumentando a confiabilidade do comprometimento das obras.	BAIJOU; CHAFI (2018); BALLARD et al. (2007).
5S	É uma técnica simples de preparar o ambiente de trabalho, ordenar, limpar descartar, criando um senso de disciplina e saúde.	BALLARD et al. (2007); CALDERA et al (2017).
<i>Kanban</i>	Consiste na utilização de cartões que registram a liberação de um serviço ou retirada de materiais que serão utilizados.	BALLARD et al. (2007); CALDERA et al (2017).
<i>Kaisen</i>	Usado para melhorar a qualidade e a eficiência, reduzindo o desperdício de qualquer fluxo de trabalho.	SHANG; PHENG (2013); OMOTAYO et al (2018).
Gerenciamento visual	Ajuda a tornar o processo de construção transparente, simples e seguro para todas as partes interessadas no local	BAIJOU et al. (2017); TEZEL; AZIZ (2017).
<i>Poka Yoke</i>	Dispositivos à prova de falhas que inspecionam automaticamente em busca de erros ou condições de operação incompatíveis.	ANSAH; SOROOSHIAN (2017).
Operações padronizadas	A padronização pode reduzir improvisações, regular as relações de interdependência entre os serviços e otimizar as atividades realizadas.	SARHAN et al (2017); TEZEL et al (2018).

Fonte: SARHAN et al (2017); TERZEL et al (2018); apud SILVA; MELO (2021).

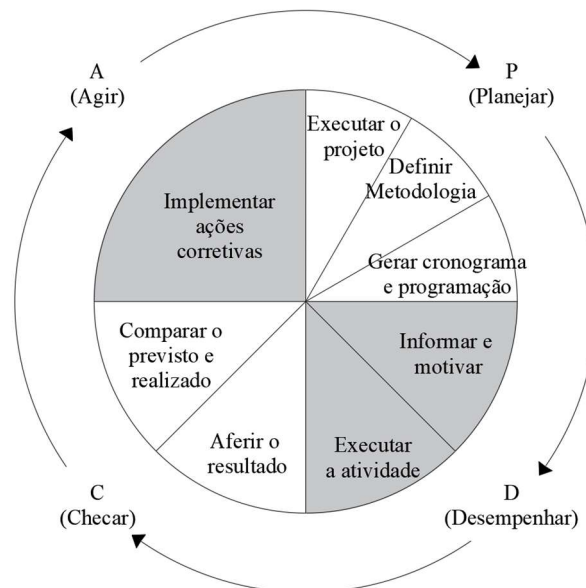
2.4.2 - Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, mostrado na Figura 7, representa de forma gráfica o princípio da melhoria contínua, onde o controle permanente do desempenho permite melhorias de processos no decorrer do empreendimento. Corresponde ao conjunto de quatro ações principais: planejar, desempenhar, checar e agir (MATTOS; 2010).

Segundo Mattos (2010), as etapas podem ser descritas da seguinte forma: planejar é a previsão da lógica construtiva e a definição de prazos; desempenhar é o repasse para a equipe da sequência de atividades e a execução daquilo que foi planejado; checar corresponde ao levantamento de dados do que foi realizado e a conferência com o inicialmente planejado; e agir é a consolidação de opiniões e informações para identificação das oportunidades de melhoria.

Sendo o BIM um método que proporciona elevado volume de informações com melhor precisão, a melhoria do planejamento e a possibilidade de checagens mais precisas entre o que foi planejado e o que foi desempenhado, o gestor de obra pode agir mais efetivamente na implementação de ações corretivas quando necessário.

Figura 7 - Ciclo PDCA.



Fonte: Mattos, 2010.

2.5 – Mudanças de escopo

Segundo Hardin e Maccool (2015), a mudança na construção é inevitável, não existindo uma ciência exata para o campo da construção, mas isso não quer dizer que não existem padrões na Indústria AEC. A metodologia BIM prova que sistemas fundamentais para a construção podem ser aprimorados.

Os projetos nem sempre estão completamente concluídos e muitas vezes precisam de revisões em campo. Detalhamentos que ainda não foram completamente elaborados podem afetar cronogramas, decisões de compra de materiais e a construtibilidade da edificação. O BIM se destaca na maneira como essas informações podem ser gerenciadas, o recente desenvolvimento de ferramentas *cloud* nos permite analisar versões, comparando as mudanças e permitindo a formulação de estratégias de gerenciamento dessas mudanças, permitindo a análise e detecção de conflitos, sequenciamento e acessibilidade (HARDIN; MACCOOL, 2015).

2.7 – Aplicativos de gestão de obra e suas funcionalidades

O uso de equipamentos eletrônicos móveis mudou o cenário dos empreendimentos modernos tanto no acesso à informação quanto como ela é adicionada e disseminada. Plataformas habilitadas fazem a comunicação entre sistemas e a equipe envolvida instantaneamente, a utilização de aplicativos programados para uma dinâmica de informações rápidas e eficientes permitem um elevado fluxo de informações entre canteiro de obra e escritório com o fechamento de ciclos de *feedback* (HARDIN; MACCOOL, 2015).

Segundo o mesmo autor, novos custos estão associados a construções habilitadas aos dispositivos móveis, custos com aparelhos, aplicativos e internet. Muitas construtoras realizam esses investimentos alegando maior eficiência e redução de erros na troca de informações além da redução do tempo de resposta.

Como destacado por Wang et al. (2013) o desenvolvimento de aplicativos com tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*), que possibilita o mapeamento 3D de ambientes e objetos, com a definição de nuvens de pontos, ainda necessitam de aperfeiçoamentos que, quando sanados, facilitarão os ciclos de feedback, dentro da metodologia BIM, entre as construções e seus responsáveis técnicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo pretende analisar na literatura os principais softwares utilizados no Brasil para execução de projetos BIM, avaliando a aplicabilidade desses programas na otimização da gestão de obras de pequeno e médio porte, discutindo o custo benefício de cada um.

Na leitura de diferentes estudos de casos sobre o tema observou-se a recorrência de alguns *softwares* para o desenvolvimento dos projetos e de seus respectivos planejamentos, sendo adotados para a execução do projeto os mais acessíveis, os quais o autor deste trabalho já possuía acesso ou foram obtidos nas versões gratuitas disponibilizadas para estudantes.

Foi elaborado um projeto modelo, buscando máxima aproximação a um projeto real, seguindo, sempre que possível, todas as etapas de elaboração importantes para permitir a visualização dos pormenores de um projeto BIM. Segue abaixo, na Tabela 2, a indicação destas principais etapas.

Tabela 2 – Etapas de desenvolvimento de projeto.

Dimensão BIM	Etapas	Softwares
1D	Levantamento de dados do cliente	
	Levantamento de dados do lote	<i>Word,</i>
	Levantamento de necessidades do cliente	<i>Excel</i>
	Consulta e adequação à legislação vigente	
2D	Estudo de layout	<i>AutoCAD,</i>
	Elaboração de projeto básico	<i>REVIT</i>
3D	Projeto arquitetônico 3D BIM	
	Projetos complementares	<i>REVIT,</i>
	Análise de interferências e compatibilização de Projetos	<i>Navisworks</i>
3D	Renderização de imagens 3D	<i>Twinmotion</i>
4D	Elaboração de planejamento	<i>Navisworks</i>
	Simulação canteiro de obra	<i>MS Project</i>

Fonte: Autoria Própria.

3.1 – Abertura de projeto

Com objetivo de resguardar os proprietários do lote escolhido para locação do projeto modelo, não será explicitado neste trabalho seu endereço exato, sendo suas especificações técnicas descritas a seguir.

Para elaboração do projeto foi seguida a Lei n.º 1.794, de 31 de maio de 2010 que estabelece a lei de uso, ocupação e parcelamento do solo do município de Ouro Branco, altera a lei nº 1.619, de 2007 que institui o plano diretor participativo e dá outras providências.

Situado em Minas Gerais, no município de Ouro Branco em uma Zona de Adensamento Restrito 4 (ZAR4); O lote possui formato retangular irregular, com área 593,23 m².

Trata-se de uma edificação residencial, unifamiliar, em alvenaria com estrutura em concreto armado e telhado em estrutura metálica, de aproximadamente 187,82 m² de área edificada.

Possuindo, garagem para dois carros; sala de estar, sala de jantar e cozinha integrados; área gourmet com pergolado de apoio; lavanderia; dois quartos de casal, sendo uma suíte com jardim exclusivo; um banheiro social e área de fogueira.

3.2 – Estudo de layout e projeto CAD 2D

Buscando uma melhor visualização comparativa entre os softwares AutoCAD e REVIT optou-se pela elaboração do projeto nos dois programas buscando analisar suas compatibilidades, pontos fortes e fracos para o fluxo de trabalho, além de simular situações recorrentes na indústria AEC, onde diferentes equipes de trabalho, as quais nem todas estão inseridas na metodologia BIM, elaboram seus projetos na metodologia CAD.

Considerando o atual momento onde o BIM não está completamente difundido, é importante prever no fluxo de trabalho a introdução de partes não otimizadas para esse método.

O projeto consiste na definição de layout, projeto arquitetônico básico, vistas e cortes, e plantas base para projetos complementares com baixo nível de detalhamento.

3.3 – Projeto BIM 3D

A elaboração do projeto 3D no software REVIT seguiu os mesmos parâmetros utilizados para a elaboração do projeto 2D em CAD, seguido da elaboração dos projetos complementares compatíveis com a metodologia.

Nesta versão, todos os projetos de instalações possuem elevado nível de detalhamento. Visto a restrição de tempo disponível para a realização desse trabalho, e por não serem o foco principal de análise da problemática levantada, optou-se pela adoção de um projeto estrutural representativo além da não elaboração da documentação oficial de todos os projetos complementares.

Com o intuito de ilustrar os benefícios de um projeto 3D para os clientes, com a visualização de imagens realistas do projeto, o *software Twinmotion* foi utilizado para elaboração das imagens renderizadas.

3.4 – Projeto BIM 4D

O programa *MS Project* foi utilizado para elaboração do planejamento da construção, sendo o Navisworks a ferramenta escolhida para a integração dos projetos 3D, a realização da compatibilização de projetos e a integração do modelo ao planejamento.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Softwares

A exigência de memória e poder de processamento computacional por parte dos *softwares* é elevada, necessitando de computador adequado para sua instalação. Apenas para a *download* do software REVIT, por exemplo, são exigidos 8 GB de memória RAM vazios e 30 GB de espaço livre em disco, o que exigiu para a execução deste projeto, melhorias no computador utilizado, com a ampliação da memória RAM.

Quando considerada a indústria AEC, o custo benefício da utilização de cada *software* precisa ser avaliada caso a caso, o valor destes programas, destacado na Tabela 3, pode se tornar mais significativo quando considerada sua utilização em empreendimentos de menor porte, sendo a diferença de custo entre os dois principais softwares utilizados no método CAD e BIM de aproximadamente 24 %. Quando considerado projetos menores, o impacto desta diferença de custo pode ser minimizado visto a maior ocorrência de empreendimentos deste tamanho, podendo os responsáveis técnicos, diluir essa diferença em um maior número de projetos.

Tabela 3 - Custo mensal de *softwares*.

Software	Custo da licença (mensal)
REVIT	R\$ 1.400,00
Auto CAD	R\$1.132,00

Fonte: AUTODESK.

4.2 – Análise do fluxo de trabalho

A determinação de um bom fluxo de trabalho permite aos responsáveis técnicos a redução significativa de retrabalhos nas diversas fases de projeto e planejamento além de otimizar o processo de aprendizagem dentro dos softwares utilizados.

É importante destacar que existem diferentes Arquivos de Autoria ou *Templates* para cada tipo de projeto, sendo esta análise baseada nos arquivos que o autor teve acesso.

A elaboração do projeto em CAD e BIM permitiu a análise das principais diferenças entre os dois métodos, detalhadas a seguir.

4.2.1 - Projeto CAD 2D

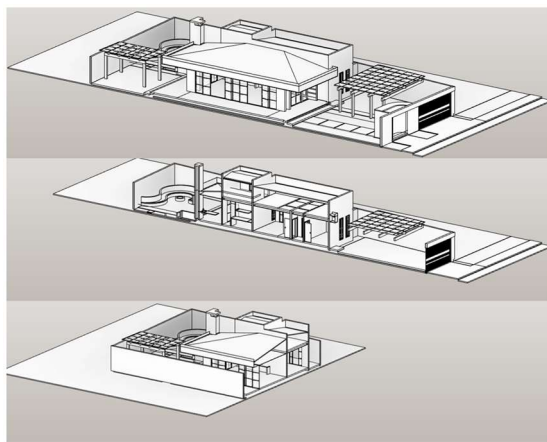
O projeto em CAD, Anexo A, necessita de um menor volume de informações para sua execução, mas por consequência gera uma documentação compatível com o volume de informações empregadas. A não utilização de objetos paramétricos permite ao projetista a elaboração de detalhamentos específicos para o projeto com maior facilidade, mas sem a garantia da viabilidade construtiva, necessitando da análise crítica do desenhista para a real executabilidade das propostas de projeto.

Frente ao cliente, detalhamentos 2D de plantas e vistas são mais complexos para interpretação do projeto proposto, dificultando sua percepção do atendimento ou não de suas expectativas. Para a elaboração de vistas mais detalhadas é necessária além de uma boa visão espacial por parte do projetista, maior disponibilidade de tempo para a elaboração e refinamento do desenho.

4.2.2 - Projeto Arquitetônico BIM

É perceptível a economia de tempo na elaboração de projetos em BIM visto a produção automática do 3D da edificação permitindo a criação de cortes e vistas de forma automática, (Figura 8), necessitando somente de pequenos ajustes nos desenhos finais e inserção de descrições e indicações textuais.

Figura 8 - Cortes automáticos.



Fonte: Autoria Própria, *Software REVIT*.

Com a intenção de ilustrar os benefícios proporcionados pela metodologia BIM, e facilitar a compreensão dos clientes do projeto proposto, optou-se pela renderização das imagens da maquete 3D pelo *software Twinmotion*. A renderização (Figura 9) permite a produção de imagens mais realistas e humanizadas permitindo maior imersão do cliente no projeto proposto. O Anexo C apresenta algumas imagens renderizadas do interior da edificação e o *tour* virtual pode ser visualizado pelo link:

<https://youtu.be/vJIQjh9DAKU>.

Figura 9 - Comparação entre imagem não renderizada e renderizada.



Fonte: Autoria própria, *Softwares REVIT e Twinmotion*.

A aplicação de objetos paramétricos eleva significativamente o nível de detalhamento do projeto de forma muito prática, porém, cabe ressaltar que, visto a tecnologia BIM não estar completamente difundida e acessível, os objetos paramétricos existentes na biblioteca do projetista não corresponderão sempre aos produtos e serviços fornecidos localmente. Cabe ao projetista analisar criticamente cada caso, avaliando a aplicabilidade destes elementos como representantes do que será executado.

Analisando esquadrias, por exemplo, as especificações inicialmente propostas não eram fielmente representadas por nenhum elemento existente na biblioteca local nem por nenhum elemento encontrado em bibliotecas online.

Neste caso, o projetista optou pela aplicação em projeto de uma esquadria que represente da forma mais fiel, dentro das limitações, o desejo inicial do cliente; mas ciente que as tabelas automáticas fornecidas pelo *software* REVIT, com as informações de esquadrias, não terão informações precisas sobre o que será executado, necessitando de correções.

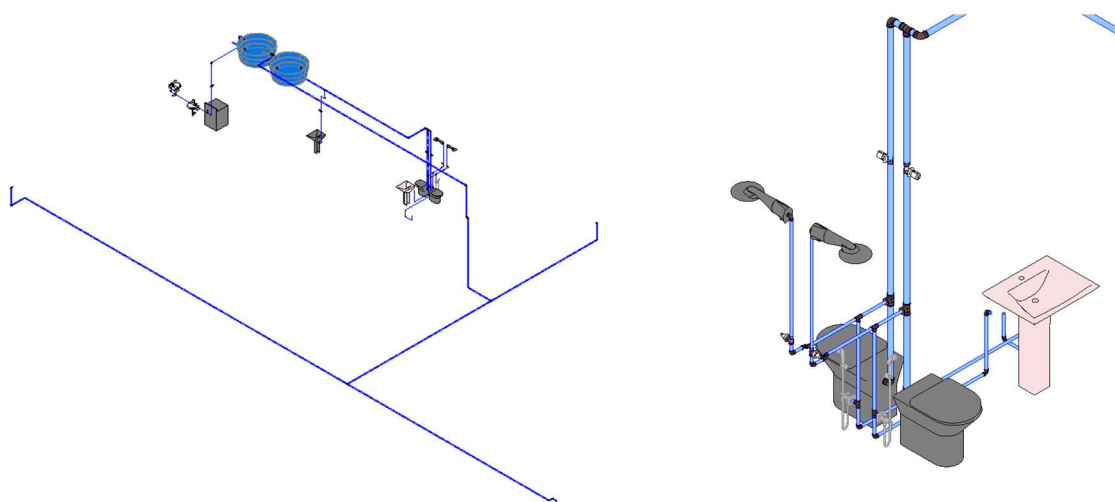
Visto que esta ocorrência pode acontecer em diversos outros pontos do projeto BIM, é importante avaliar a demanda de trabalho na correção destas tabelas automáticas. Além disso essa incompatibilidade dos elementos no projeto com os que serão utilizados na obra compromete a grande vantagem do BIM em analisar interferências entre elementos e a compatibilidade de projetos.

4.2.3 - Projeto hidráulico e projeto sanitário BIM

Dentre todos os projetos realizados, os projetos hidráulicos e sanitários (Figuras 10 e 11) são os que apresentaram maiores vantagens no método BIM. A existência de bibliotecas de objetos paramétricos, fornecidas pelas principais fabricantes brasileiras de tubulações e derivados, permite a execução de um projeto altamente detalhado e muito fiel ao que será executado na edificação.

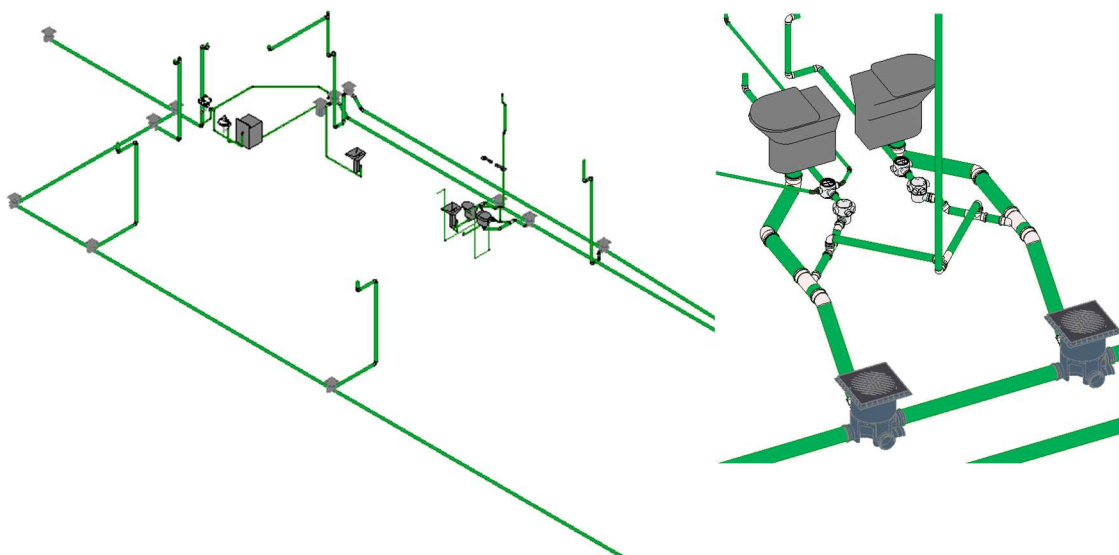
Se destaca a praticidade em montar toda a rede virtualmente. Além de permitir a elaboração de vistas isométricas muito detalhadas, quase automaticamente, a possibilidade de visualização 3D de pontos mais problemáticos pode facilitar muito sua execução.

Figura 10 - Visualizações 3D do Projeto Hidráulico.



Fonte: Autoria Própria, *Software* REVIT.

Figura 11 - Visualizações 3D do Projeto Sanitário.



Fonte: Autoria Própria, *Software* REVIT.

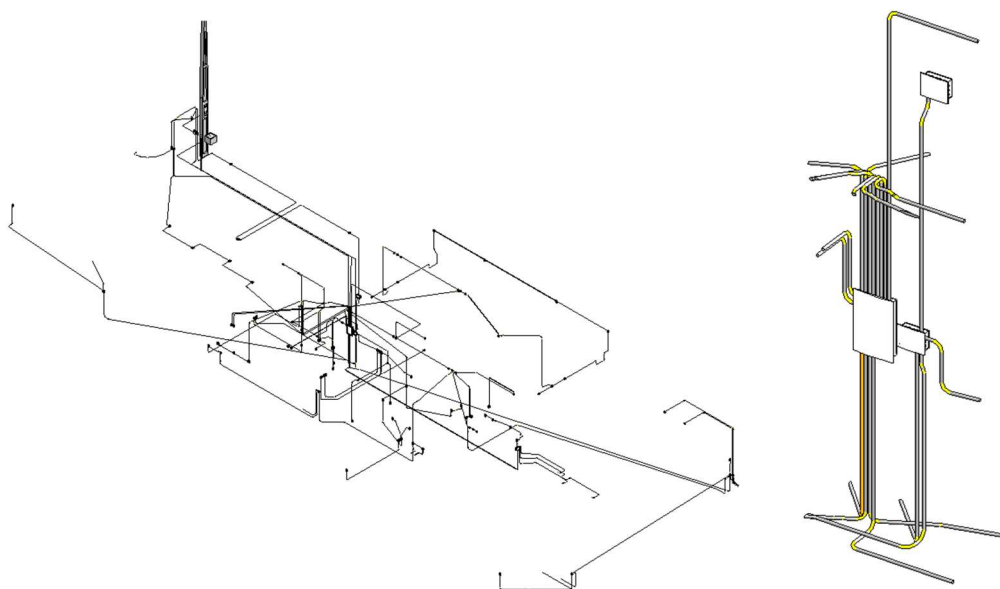
4.2.4 - Projeto elétrico BIM

Sendo o projeto com elaboração mais problemática, a carga de trabalho para a distribuição tridimensional dos eletrodutos é muito elevada. Apesar da distribuição ser importante para a compatibilização de projetos e análise de interferências, dois pontos principais são observados: a representação 3D não produz automaticamente a representação em planta de forma adequada do projeto elétrico e quando considerados eletrodutos flexíveis, como no projeto em questão, em canteiro de obra, eles não seguirão com precisão o caminho definido em projeto.

Em edificações de múltiplos andares, onde partes da distribuição elétrica se repetem ou em edificações que utilizam grelhas ou eletrodutos rígidos para a rede elétrica, as vantagens de realizar o projeto elétrico em BIM aumentam.

Com a popularização em edificações de alto padrão de equipamentos com automação, redes de som e mídia e de redes de vigilância, mesmo que os projetos em planta sejam feitos separadamente, a representação em BIM 3D (Figura 12) pode facilitar muito a execução das infraestruturas, durante o processo de execução.

Figura 12 - Visualizações 3D do Projeto Elétrico.

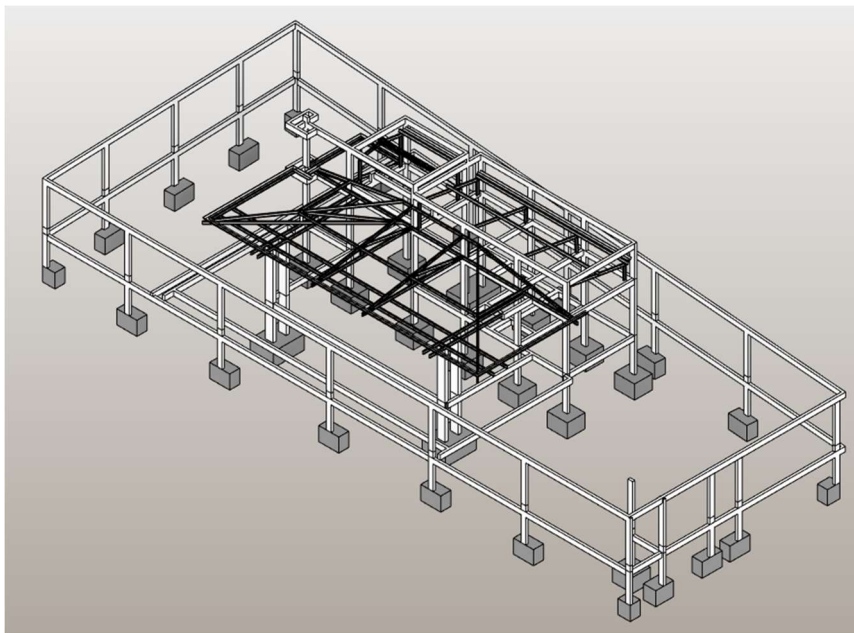


Fonte: Autoria Própria, *Software REVIT*.

4.2.5 - Projeto Estrutural

O projeto estrutural, representado pela Figura 13, foi elaborado de forma representativa, atendendo as exigências mínimas de norma, visto as baixas dimensões de carga existentes na edificação. Mesmo com a ausência do cálculo estrutural, a representação 3D das vigas e colunas no projeto permitiu uma boa análise para a compatibilização de projetos servindo também como um estudo preliminar para a elaboração do projeto estrutural.

Figura 13 - Visualização 3D do Projeto Estrutural.

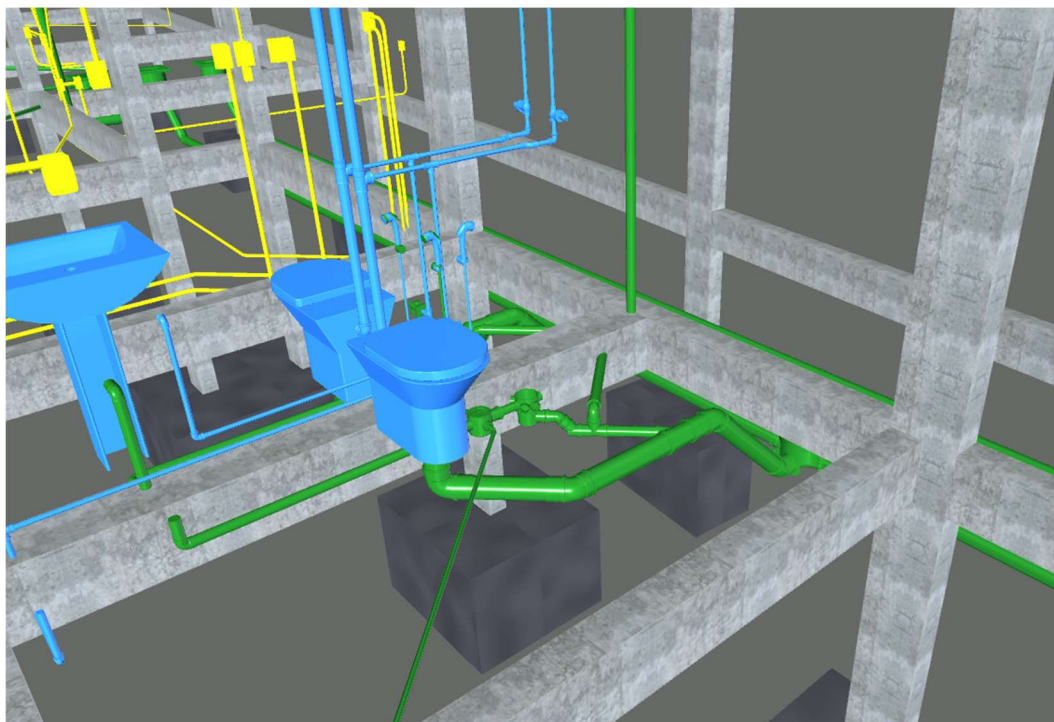


Fonte: Autoria Própria, *Software REVIT*.

4.2.6 - Compatibilização de Projetos

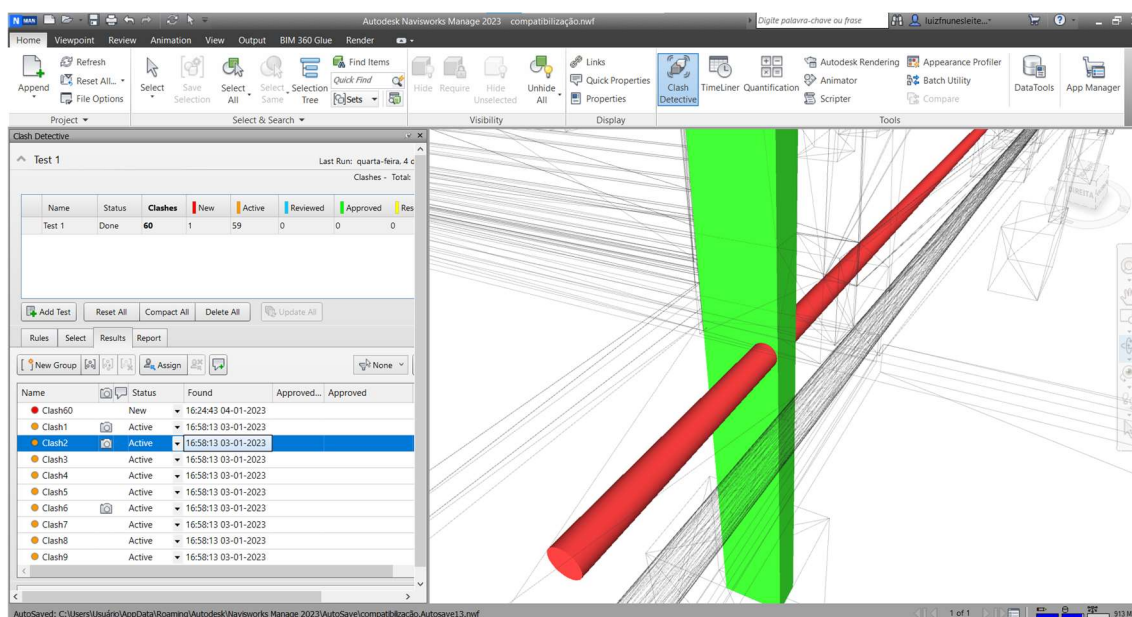
O Software *Navisworks* permite a integração de todos os projetos desenvolvidos no REVIT, possibilitando uma visualização clara de inconsistências entre as diferentes disciplinas (Figura 14). A ferramenta *Clash Detective* (Figura 15) foi utilizada para a detecção automática de todas as interferências entre as disciplinas de projeto, alcançando um projeto mais assertivo e reduzindo mudanças inesperadas durante as fases de execução.

Figura 14 - Compatibilização de projetos hidráulico (azul), sanitário (verde), elétrico (amarelo) e estrutural.



Fonte: Autoria própria, *software Navisworks*.

Figura 15 - Ferramenta *Clash Detective* detectando incompatibilidade entre o projeto estrutural e sanitário.



Fonte: Autoria própria, *software Navisworks*.

4.3 – Planejamento BIM 4D

O *Software Project* foi utilizado para a elaboração de um planejamento a médio prazo, onde foram definidas as principais atividades diárias a serem desenvolvidas durante todas as fases da construção, tendo como resultado o Gráfico de Gantt, com o destaque do caminho crítico do planejamento, detalhado no Anexo B. Também foi elaborado o planejamento a longo prazo definindo um cronograma resumo para a execução do empreendimento, destacado pela Figura 16.

Figura 16 – Cronograma resumo.



Fonte: Autoria Própria, *Software Project*.

Com a integração de todos os projetos BIM 3D elaborados no REVIT e o planejamento da construção elaborado no *Project*, o Software Navisworks foi aplicado como a ferramenta BIM 4D para a montagem de uma linha do tempo da construção, permitindo a visualização virtual do desenvolvimento do canteiro de obras em função do tempo. Vídeo disponível no link:

<https://youtu.be/jL3rWb27cuE>

A visualização do processo construtivo da edificação e a melhor análise de erros e interferências nas compatibilizações de projetos permitem a definição das etapas de execução de obra com maior precisão.

4.4 – Impactos na gestão de obra

Mesmo com a utilização das ferramentas de compatibilização de projetos a visualização do canteiro de obras e a definição de planejamentos assertivos, é impossível prever todas as eventualidades durante a construção e as modificações solicitadas por parte dos proprietários. A integração entre os diferentes softwares é uma peça chave para a dinâmica de um canteiro de obras visto a rapidez na realização destas modificações.

Como destacado na revisão bibliográfica, a utilização desta metodologia pelos profissionais corretos e da forma correta, pode proporcionar grandes benefícios na gestão, execução e controle dos empreendimentos. Profissionais em canteiro de obra com acesso direto ao modelo tridimensional da edificação com todos os projetos complementares incluídos terão em mãos uma boa ferramenta para a administração e gestão da construção.

Para acesso mais facilitado em canteiro de obra dos arquivos que unificaram todos os projetos BIM 3D, criados pelo *software Navisworks*, diferentes aplicativos podem ser utilizados em celulares ou tablets. A *Autodesk*, por exemplo, disponibiliza o aplicativo *BIM 360 Mobile*, para aparelhos móveis *Android* ou *iOS*, que permite a leitura de projetos 2D e 3D no formato *offline*.

5. CONCLUSÕES

A elaboração de projetos em BIM, apesar de proporcionar um melhor fluxo de trabalho, necessita de um projetista experiente nos processos construtivos para que suas vantagens sejam exploradas em todo o potencial.

As restrições em bibliotecas nos arquivos de autoria podem restringir a fidelidade do projeto ao que será executado visto que nem sempre é economicamente viável a criação de objetos paramétricos para as individualidades de cada empreendimento observando-se a demanda de aprimoramento na criação destes objetos para aplicação nos projetos BIM. Com a elaboração de diferentes projetos a equipe responsável conseguirá expandir e aprimorar suas bibliotecas, mas é importante prever antecipadamente e repassar o custo destas criações para o cliente.

Constata-se um promissor nicho de mercado na modelagem dos objetos paramétricos. Sua criação para fornecedores de materiais e serviços pode, além de deixar a metodologia mais acessível, favorecer as empresas que possuam bases de produtos fiéis para a utilização em projetos BIM.

A vantagem do BIM para grandes edificações é visível devido a maior complexidade das instalações e, em muitos casos à elevada repetição de certas infraestruturas. Em edificações de pequeno porte é importante analisar caso a caso a real necessidade da aplicação desta metodologia. Principalmente em edificações de baixo orçamento visto que o valor do projeto BIM pode não encaixar no orçamento do cliente. O alto custo dos softwares pode ser diluído com a elaboração de muitos projetos, mas é importante ressaltar que cada empreendimento de pequeno porte terá suas individualidades e o processo será iniciado do zero a cada novo projeto.

Considerando as metodologias de controle e gestão citadas, os projetos BIM permitem uma base de dados maior para a comparação futura com os resultados levantados durante o processo de construção, porém, o processo de levantamento destes dados durante a construção deve ser realizado com igual rigor técnico. O desenvolvimento de aparelhos acessíveis com tecnologia LIDAR e sua integração com a metodologia BIM facilitará o fechamento de ciclos de feedback e levantamentos *as built* para posterior aplicação no BIM 6D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES, M. M. E S.; **Planejamento e Controle da Produção para empresas de construção civil** / Mauricio Moreira e Silva Bernardes – 2. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2021.

BRASIL, Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, **Estabelece a utilização do Building Information Modelling (...)**. Diário Oficial da União: Edição 65, seção 1, página 5 Brasília, DF, Publicado em 3/4/2020.

CAMPESTRINI, T. F.; **Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação.** - 1ª Edição Curitiba, Paraná, Brasil, 2015.

EASTMAN, C.; **Manual de BIM** [recurso eletrônico]: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores / Chuck Eastman ... [et al.]; [tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho... et al.]; revisão técnica: Eduardo Toledo Santos – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2014.

HARDIN, B.; MCCOOL, D.; **Bim and Construction Management: Proven tools, Methods, and Workflows** / Brad Hardin / Dave Mccool. – 2. Ed. Wiley & Sons, Inc, Indianopolis, Indiana, 2015.

LEUSIN, S. R.; **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos** / Sergio Roberto Leusin de Amorim. - 1. ed.- [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2020.

LIMMER, C. V.; **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras.** 1. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 1996.

MATTOS, A. D.; **Planejamento e controle de obras** / Aldo Dórea Mattos. - 2. ed. - São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MATTOS, A. D.; **Planejamento e controle de obras** / Aldo Dórea Mattos, - São Paulo; Pini, 2010.

PINHEIRO, A. C. F. B.; **Planejamento e custos de obra** / Antônio Carlos da Fonseca Bragança Pinheiro / Marcos Crivelaro. 1 ed. – São Paulo: Érica, 2014.

SACKS, R. et al.: **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores** [recurso eletrônico] / Rafael Sacks... [et al. – 3. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2021

SACOMANO, J. D. et.al.; **Administração de produção na construção civil: o gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos** / José Benedito Sacomano, Fabio Müller Guerrini/ Myrian Izuko Sassaki Santos, João Vitor Moccelin. São Paulo: Arte e Ciência Editora, 2004.

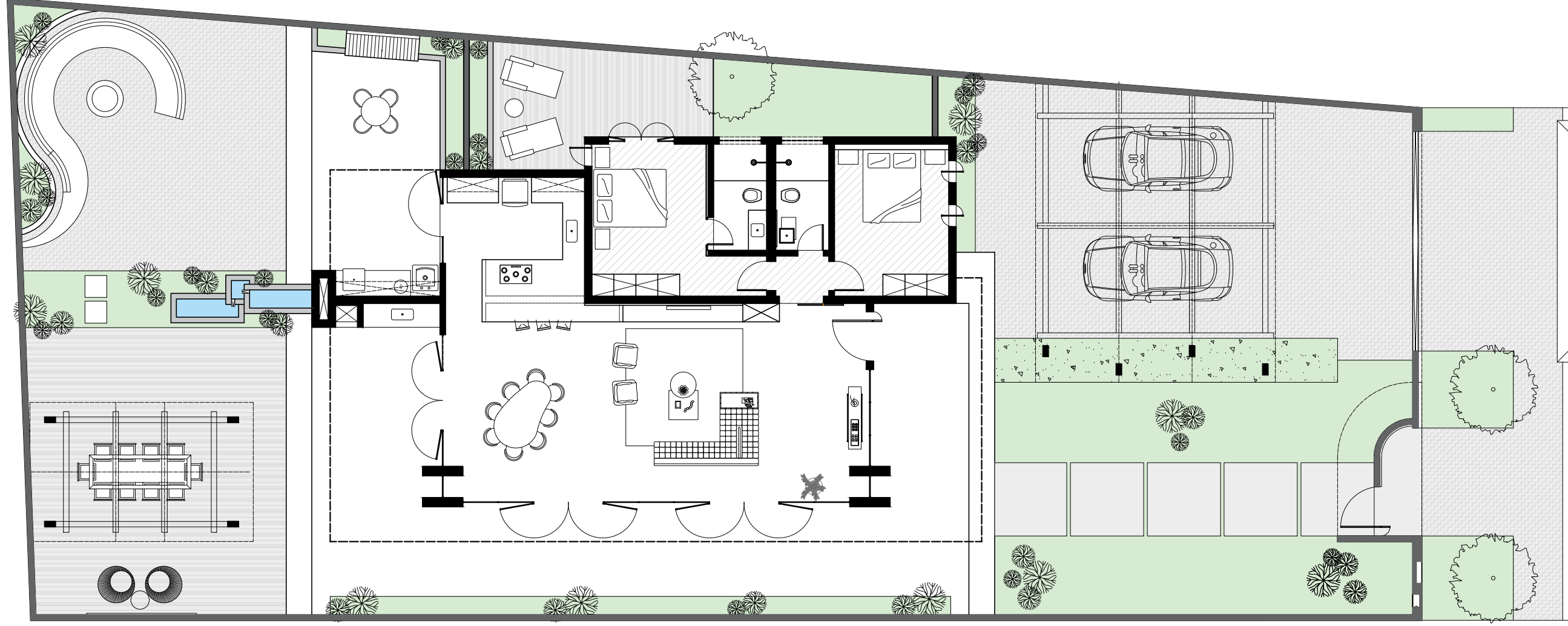
SILVA, E. N. DA.; MELLO L. C. B. DE B.; **Proposta de um sistema de gestão integrando os princípios da construção enxuta (*Lean Construction*) aos aspectos da gestão de qualidade, segurança e meio ambiente e saúde ocupacional, com foco nas empresas de pequeno porte da construção civil.** / Edson Neves da Silva, Luiz Carlos Brasil Brito Mello. Curitiba: Brazilian Journal of Development, v.7, n.8, p 79384-79414 aug. 2021.

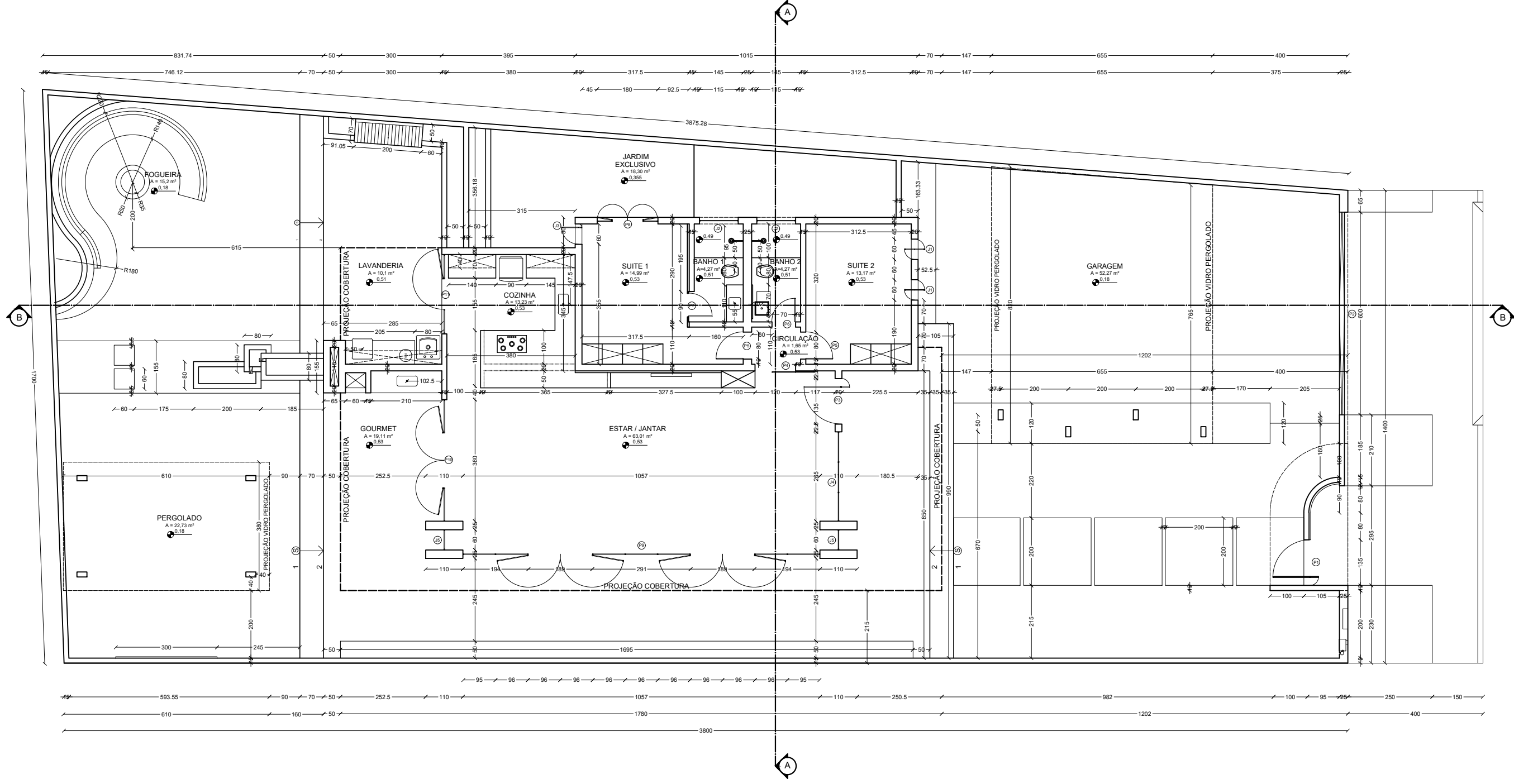
VIEIRA, H. F.; **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras** / Hélio Flavio Vieira. — São Paulo: Editora Pini, 2006.

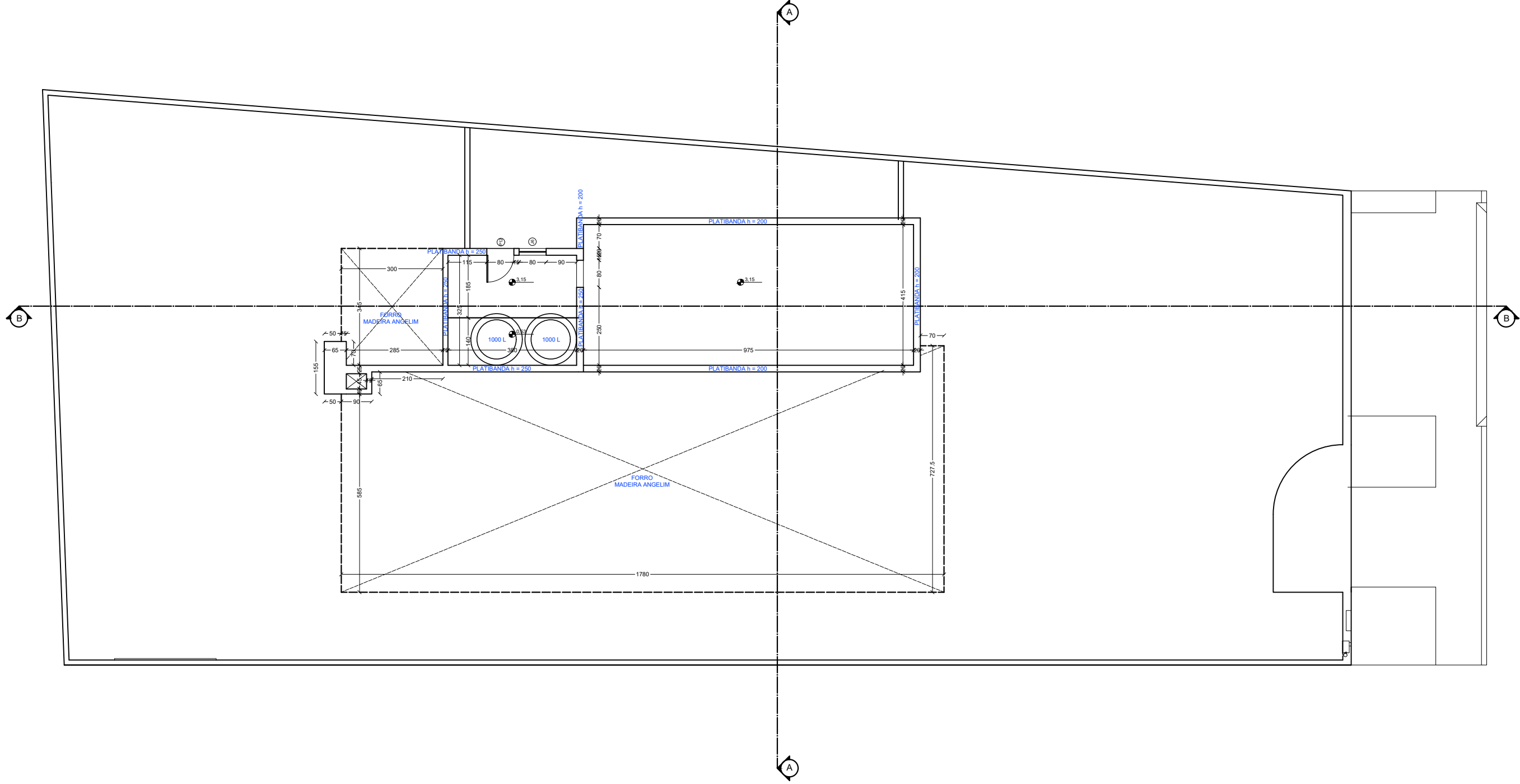
WANG, C.; CHO, Y. K.; GAI M.: **As-Is Thermal Modeling for Existing Building Envelopes Using a Hybrid LIDAR System** / DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000273. © 2013 American Society of Civil Engineers. / Chao Wang S.M.ASCE, Yong K. Cho, A.M.ASCE. Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 27, No. 6, November 1, 2013. © ASCE, ISSN 0887- 3801/2013/6-645-656/\$25.00.

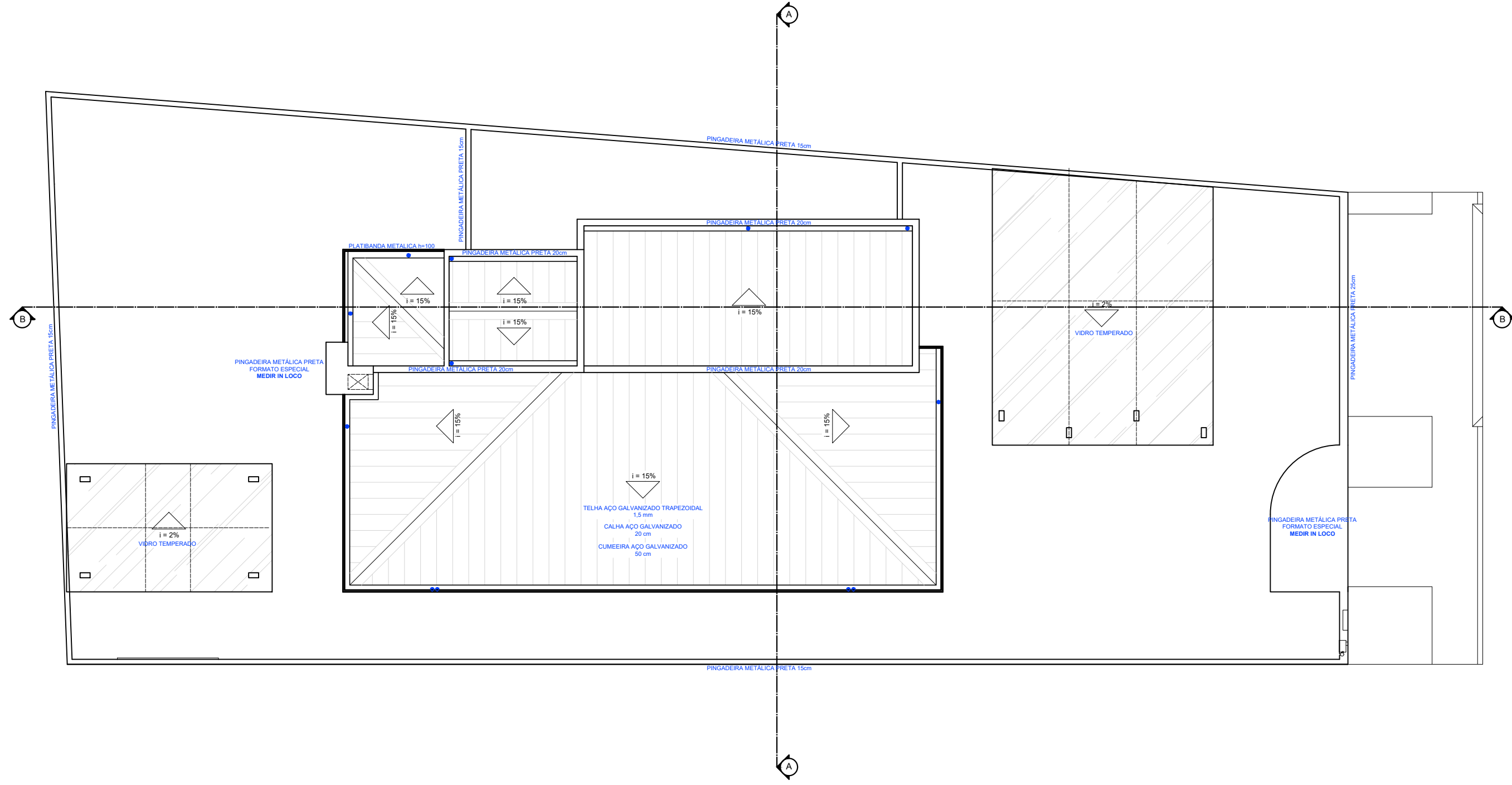
ANEXO A – PROJETO 2D CAD

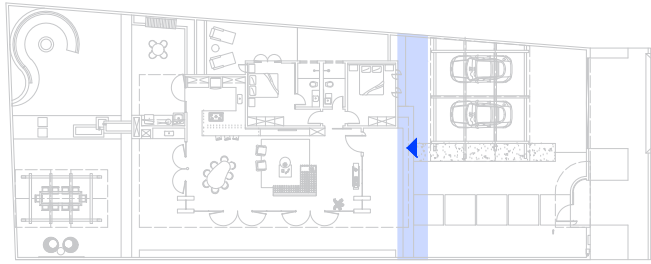
Projeto de autoria própria, desenvolvido no *software AutoCAD* na versão estudantil.







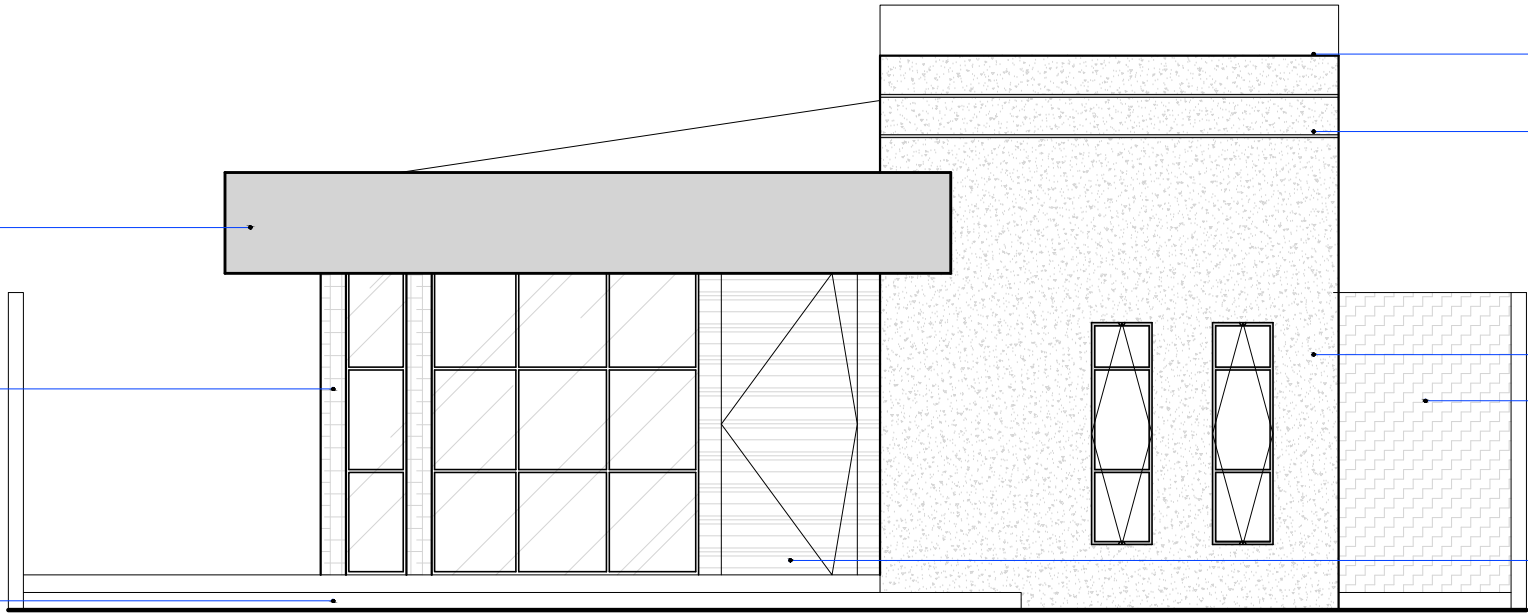




CHAPA METALICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO

PEDRA MIRACEMA
BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

PORCELANATO EXT
MS. BARCELONA
ANTRACITA
PORTOBELLO
90X90



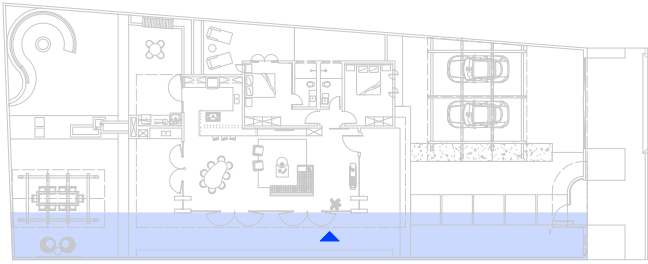
PINGADEIRA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO
3cm

FRISO METÁLICO
PRETO
3cm

TEXTURA
AVENIDA EXPRESSA
SUVINIL

PEDRA PORTUGUESA
BRANCA

PORTA PIVOTANTE
MADEIRA ANGELIM,
CAMUFLADA AO PAINEL



TEXTURA
AVENIDA EXPRESSA
SUVINIL
PINGADEIRA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO
3cm

PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

CHAPA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO

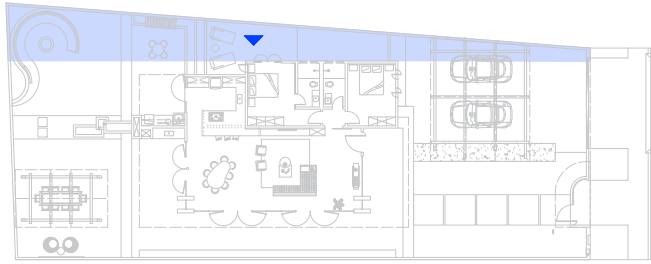
PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

PINGADEIRA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO
3cm

FRISO METALICO
PRETO FOSCO
3cm

TEXTURA
AVENIDA EXPRESSA
SUVINIL

PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm



PINGADEIRA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO
3cm

FRISO METÁLICO
PRETO FOSCO
3cm

CHAPA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO

TEXTURA
AVENIDA EXPRESSA
SUVINIL

PEDRA PORTUGUESA
BRANCA

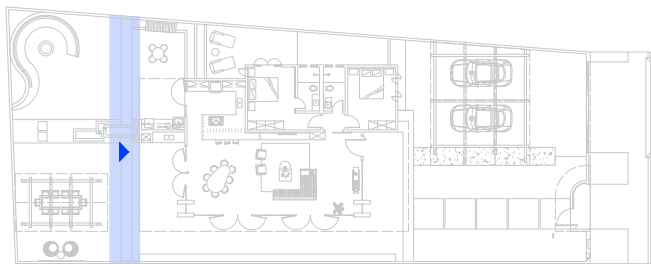
PORCELANATO EXT
MS. BARCELONA ATRACITA
PORTOBELLO
90X90

PINGADEIRA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO
3cm

PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

CHAPA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO

PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm



PINGADEIRA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO
3cm

FRISO METÁLICO
PRETO
3cm
TEXTURA
AVENIDA EXPRESSA
SUVINIL
CHAPA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO

PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

PEDRA PORTUGUESA
BRANCA

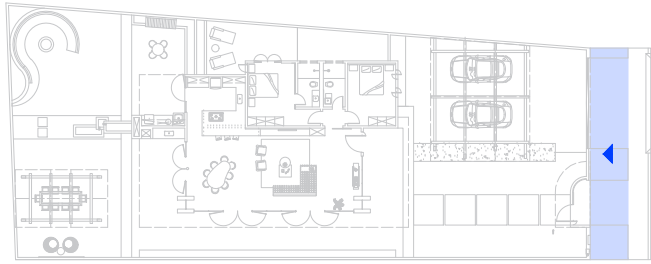
PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

PORCELANATO EXT
MS. BARCELONA ATRACITA
PORTOBELLO
90X90

CHAPA METÁLICA
TINTA ESMALTE
PRETO FOSCO

PEDRA MIRACEMA BEGE
ACABAMENTO BRUTO
10X20 cm

PORCELANATO EXT
MS. BARCELONA ATRACITA
PORTOBELLO
90X90

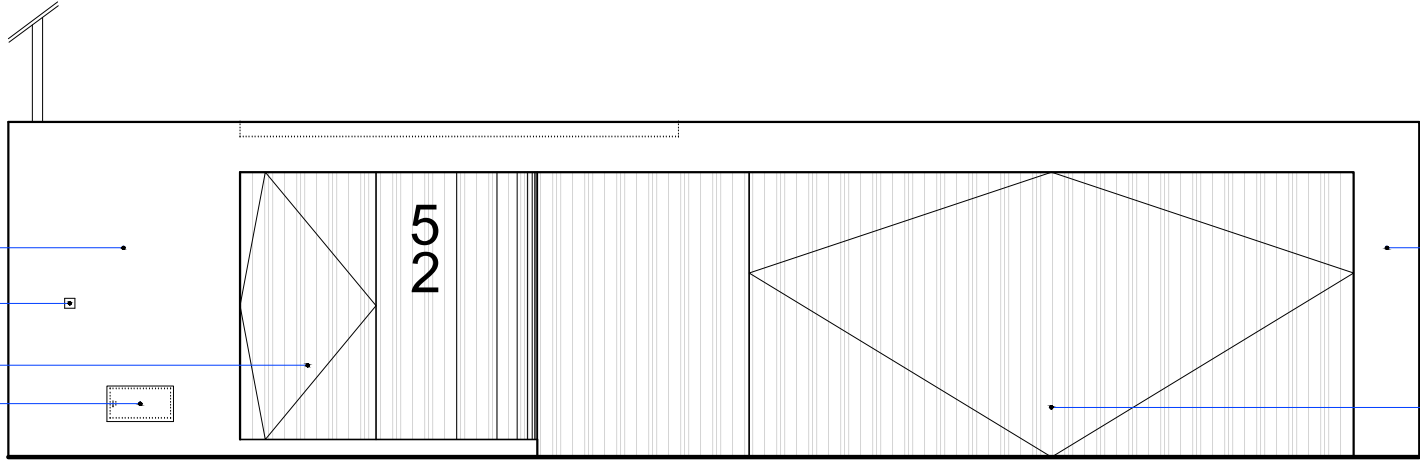


TEXTURA
DIA DE CHUVA
SUVINIL

RELÓGIO DE MEDIÇÃO
ENERGIA ELÉTRICA

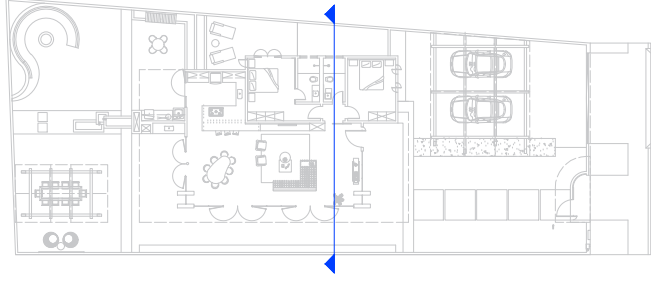
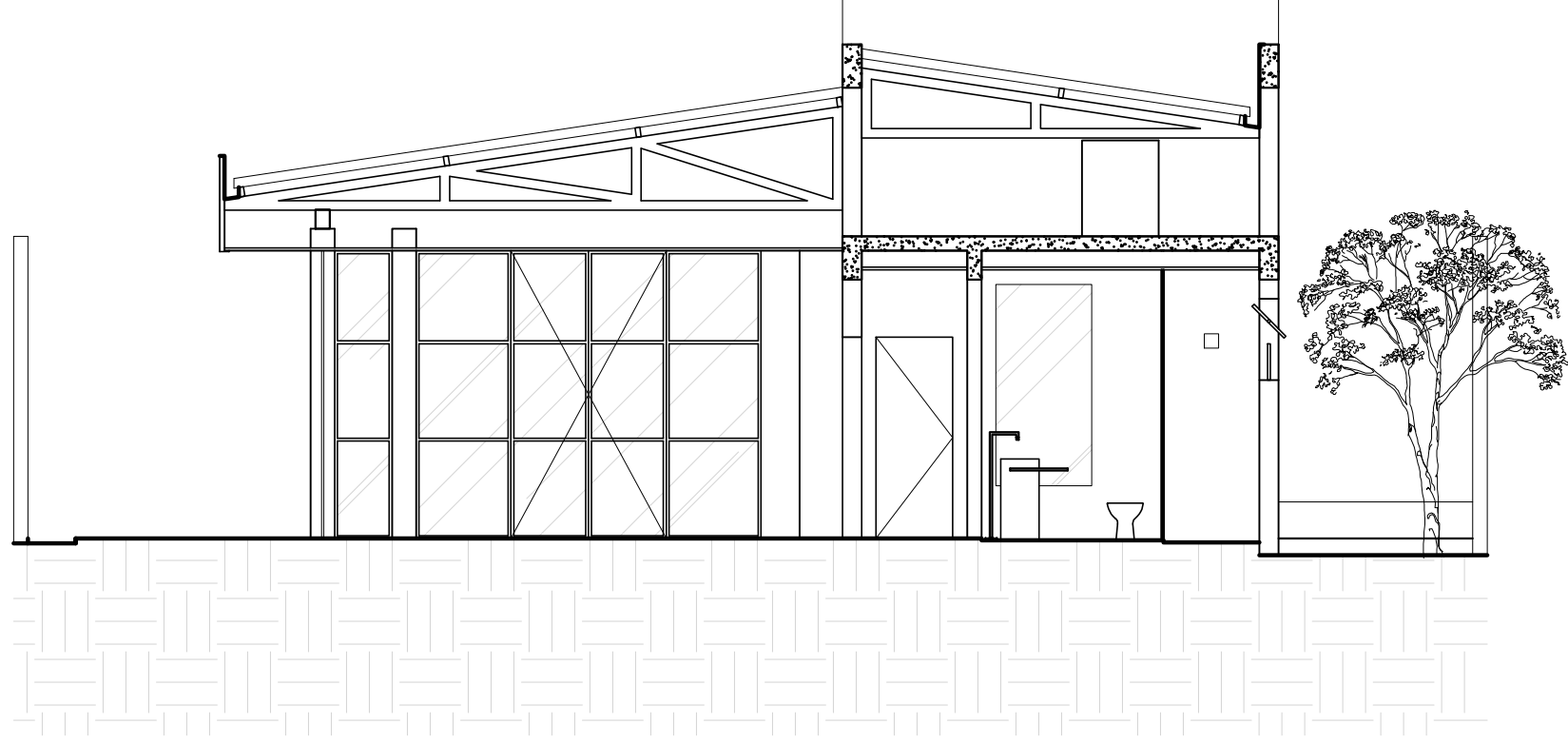
PORTÃO PIVOTANTE
MADEIRA ANGELIM,
CAMUFLADO AO PAINEL

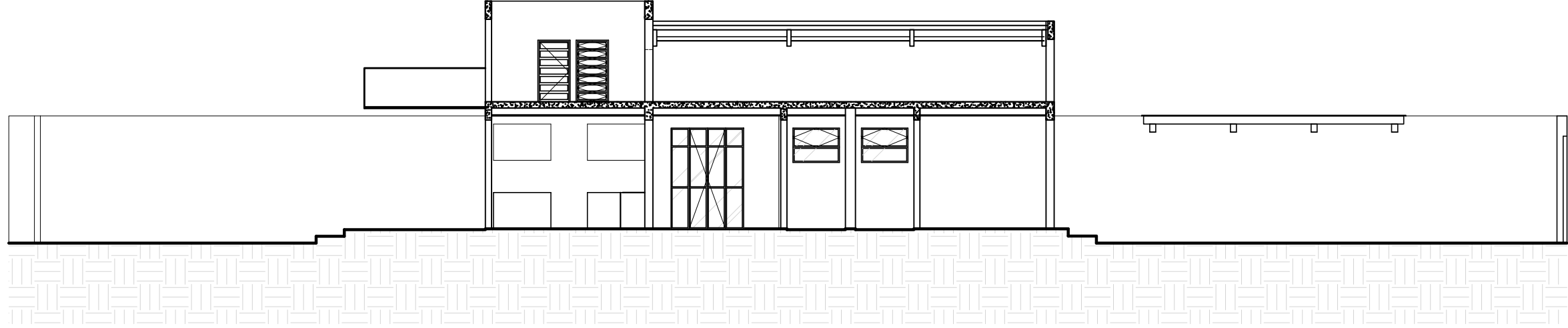
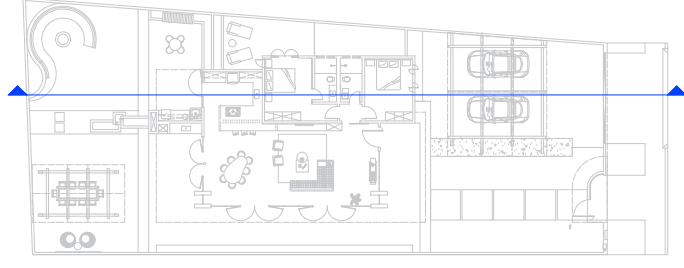
RELÓGIO DE MEDIÇÃO
ÁGUA



TEXTURA
DIA DE CHUVA
SUVINIL

PORTÃO BASCULANTE
MADEIRA ANGELIM,
CAMUFLADO NO PAINEL

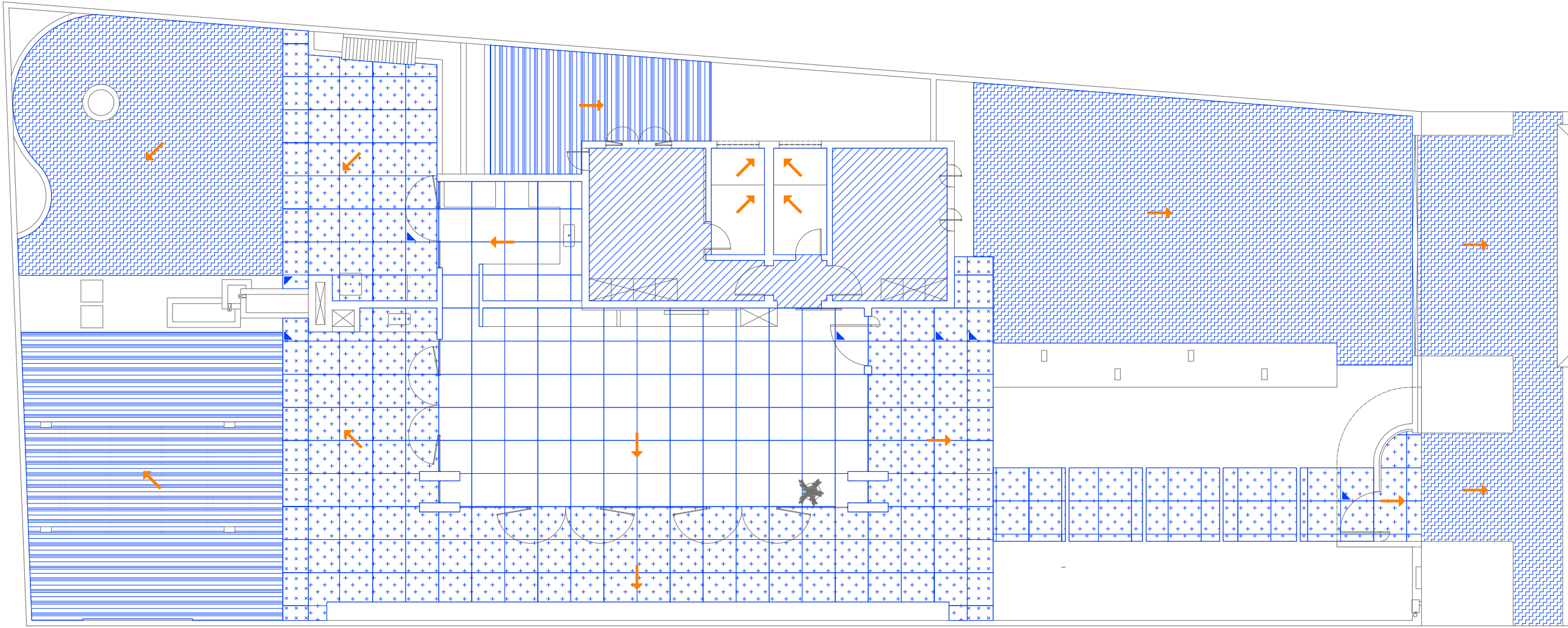




PORTAS			
NOME	DESCRIÇÃO	MEDIDAS	QUANT.
P1	PORTÃO PIVOTANTE, MADEIRAN ANGELIM, CAMUFLADO NO PAINEL	135 X 265 EIXO 25	1
P2	PORTÃO BASCUANTE, MADEIRA ANGELIM, CAMUFLADOO NO PAINEL	60 X 280	1
P3	PORTA PIVOTANTE, MADEIRA ANGELIM, CAMUFLADA NO PAINEL	135 X 300 EIXO 25	1
P4	PORTA DE CORRER, MADEIRA ANGELIM, CAMUFLADA NO PAINEL	125 X 210	1
P5	PORTA DE GIRO, SIMPLES, BRANCO FOSCO,	80 X 210	2
P6	PORTA DE GIRO, SIMPLES, BRANCO FOSCO,	70 X 210	1
P7	PORTA DE GIRO, SIMPLES, MADEIRA ANGELIM, CAMUFLADA NO PAINEL	70 X 210	1
P8	PORTA GIRO, DUPLA 2 FOLHAS FIXAS VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	180 X 250	1
P9	2 PORTAS DE GIRO, DUPLA, 7 FOLHAS FIXAS, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	1057 X 300	1
P10	PORTA DE GIRO, DUPLA, 2 FOLHAS FIXAS, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	360 X 300	1
P11	PORTA DE GIRO, SIMPLES, 2 FOLHAS FIXAS, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	235 X 300	1
P12	PORTA DE GIRO, SIMPLES, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	80 X 150	1

JANELAS			
NOME	DESCRIÇÃO	MEDIDAS	QUANT.
J1	JANELA PIVOTANTE, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	<u>60 X 220</u> 30 EIXO 30	2
J2	JANELA BASCULANTE, 1 FOLHA FIXA, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	<u>115 X 85</u> 165	2
J3	JANELA PIVOTANTE, VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	<u>60 X 220</u> 30 EIXO 10	1
J4	JANELA FIXA VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	<u>265 X 300</u> 0	1
J5	JANELA FIXA VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	<u>60 X 300</u> 0	2
J6	JANELA BASCULANTE, 7 BASCULANTES VIDRO E AÇO PRETO FOSCO	<u>80 X 150</u> 0	1

TODAS AS MEDIDAS DEVEM SER CONFERIDAS
NO LOCAL ANTES DA EXECUÇÃO



- 

PORCELANATO MS. BARCELONA ANTRACITA EXT.
- 

PORCELANATO MS. BARCELONA ANTRACITA NAT.
- 

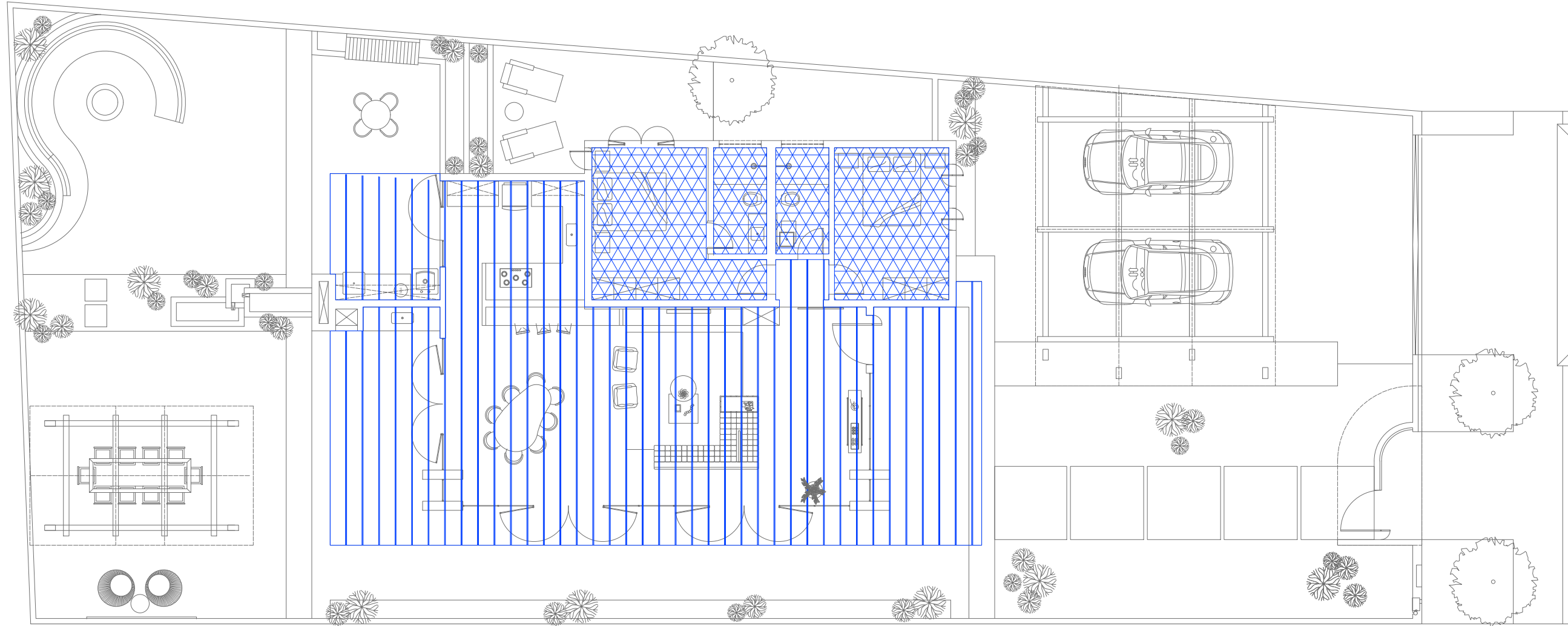
PISO VINILICO MADEIRA
- 

DEQUE MADEIRA ANGELIM
- 

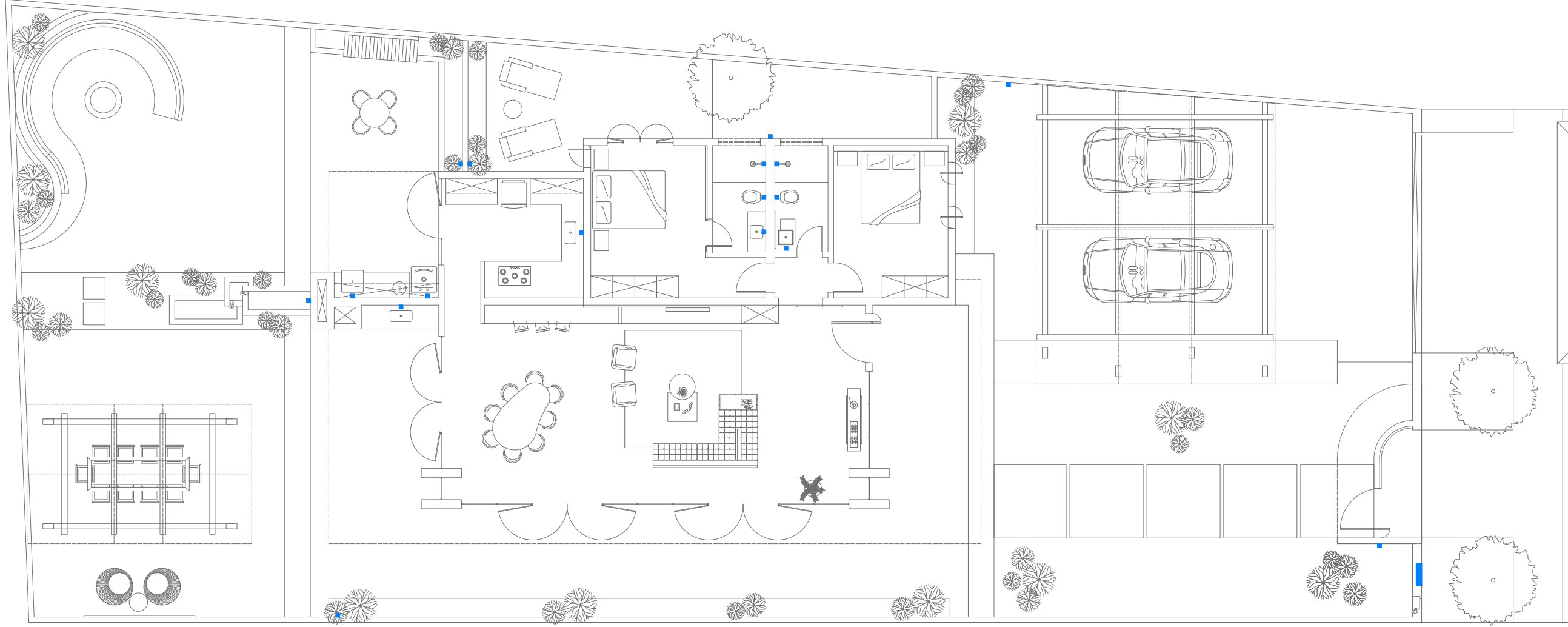
PEDRA PORTUGUESA BRANCA
- 

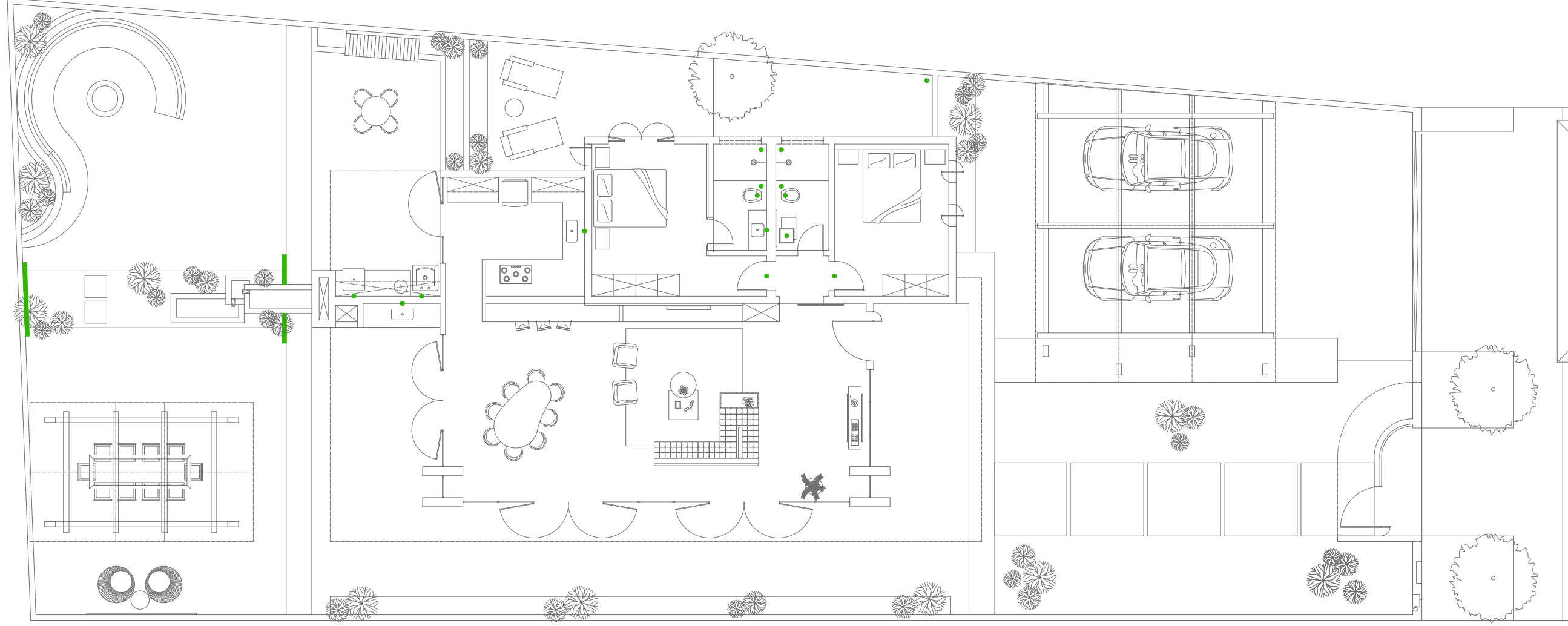
SENTIDO DE ASSENTAMENTO
- 

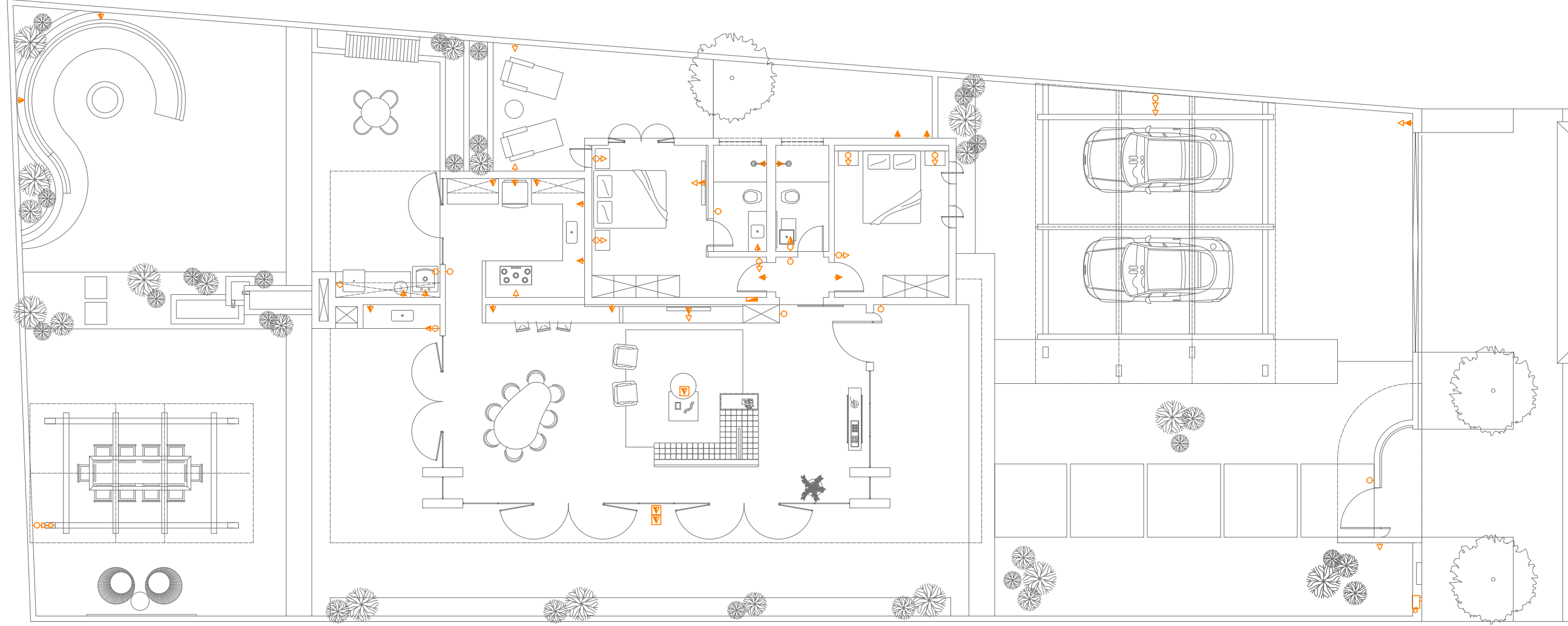
SENTIDO DE ESCOAMENTO

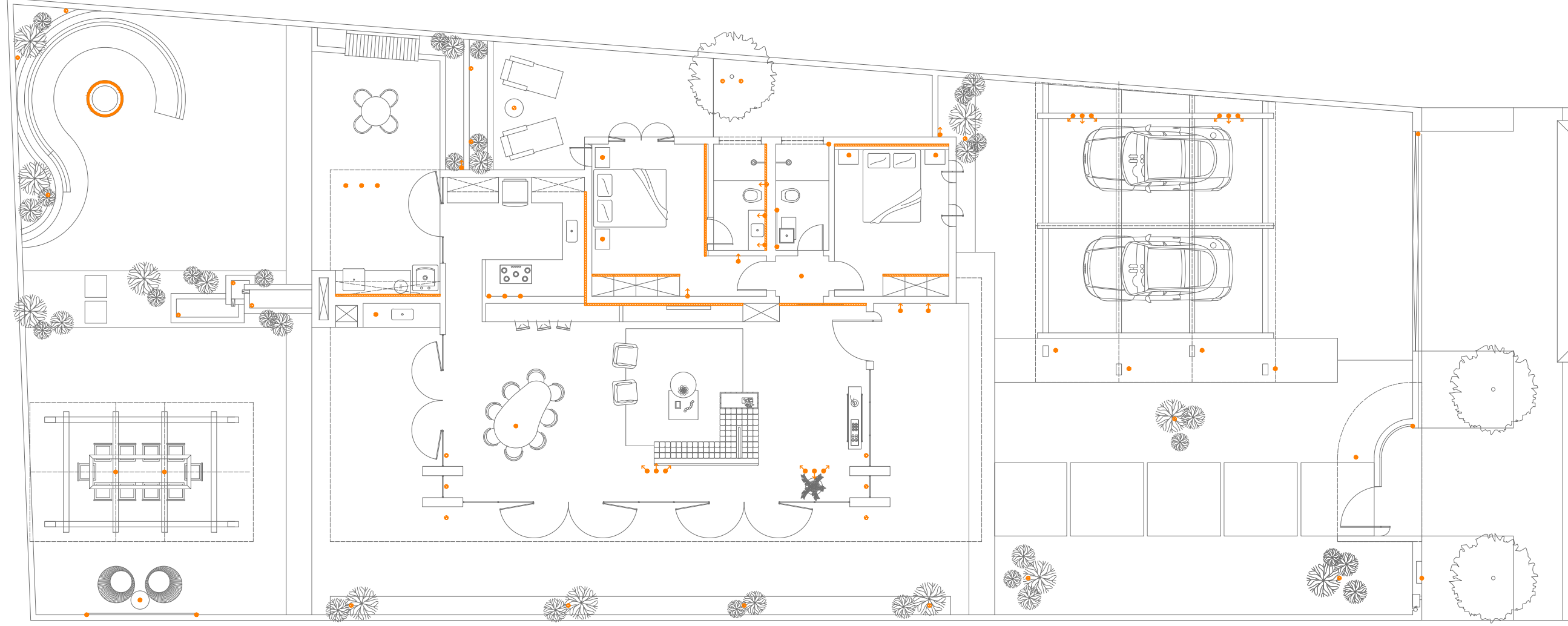


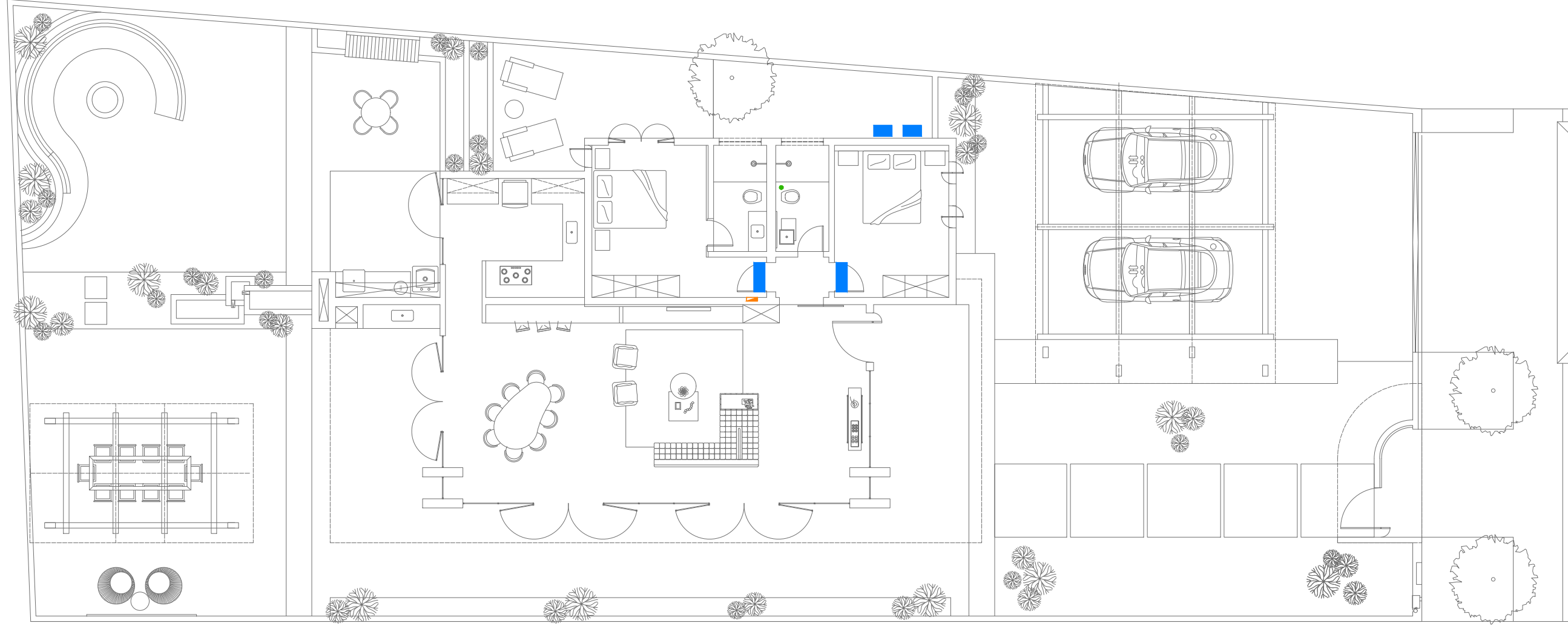
-  FORRO MADEIRA ANGELIM
-  FORRO GESSO











ANEXO B – PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

Planejamento de autoria própria, elaborado no *software MS Project*, descrito no formato de Gráfico de Gantt com destaque do Caminho Crítico.

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Ago/22							Set/22							Out/22							Nov/22							Dez/22							Jan/23							Fev/23							Mar/23							Abr/23							Maio/23							Jun/23						
					31	07	14	21	28	04	11	18	25	02	09	16	23	30	06	13	20	27	04	11	18	25	01	08	15	22	29	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11																																			
1																																																																																	
2	PROJETO TCC																																																																																
3	PERÍODO DO PROJETO	208 dias	Qui 18/08/22	Seg 05/06/23																																																																													
4	LIMPEZA TERRENO	1 dia	Qui 18/08/22	Qui 18/08/22																																																																													
5	Limpeza de terreno	1 dia	Qui 18/08/22	Qui 18/08/22																																																																													
6	TERRAPLENAGEM	2 dias	Sex 19/08/22	Seg 22/08/22																																																																													
7	Terraplenagem	2 dias	Sex 19/08/22	Seg 22/08/22																																																																													
8	PREPARAÇÃO CANTEIRO	7 dias	Ter 23/08/22	Qua 31/08/22																																																																													
9	Energia	1 dia	Ter 23/08/22	Ter 23/08/22																																																																													
10	Água	1 dia	Ter 23/08/22	Ter 23/08/22																																																																													
11	Esgoto	2 dias	Ter 23/08/22	Qua 24/08/22																																																																													
12	Fechamento lote	5 dias	Ter 23/08/22	Seg 29/08/22																																																																													
13	Dependências canteiro	5 dias	Qui 25/08/22	Qua 31/08/22																																																																													
14	LOCAÇÃO	4 dias	Sex 26/08/22	Qua 31/08/22																																																																													
15	Montagem gabarito	2 dias	Sex 26/08/22	Seg 29/08/22																																																																													
16	Marcação	2 dias	Ter 30/08/22	Qua 31/08/22																																																																													
17	FUNDAÇÃO	37 dias	Qui 01/09/22	Sex 21/10/22																																																																													
18	Escavação Sapata	12 dias	Qui 01/09/22	Sex 16/09/22																																																																													
19	Concreto magro	10 dias	Qua 07/09/22	Ter 20/09/22																																																																													
20	Armaduras Sapatas e Fustes	8 dias	Sex 09/09/22	Ter 20/09/22																																																																													
21	Concretagem Sapata	8 dias	Seg 12/09/22	Qua 21/09/22																																																																													
22	Concretagem Fuste	5 dias	Qui 15/09/22	Qua 21/09/22																																																																													
23	Escavação Baldrame	10 dias	Qui 15/09/22	Qua 28/09/22																																																																													
24	Formas Baldrame	7 dias	Qui 29/09/22	Sex 07/10/22																																																																													
25	Armaduras baldrame	8 dias	Qua 05/10/22	Sex 14/10/22																																																																													
26	Concretagem Baldrame	10 dias	Seg 10/10/22	Sex 21/10/22																																																																													
27	SANITÁRIO	6 dias	Sex 21/10/22	Sex 28/10/22																																																																													
28	Escavação Sanitário	4 dias	Sex 21/10/22	Qua 26/10/22																																																																													
29	Tubulação aterrada	3 dias	Seg 24/10/22	Qua 26/10/22																																																																													
30	Caixas de conexão	3 dias	Qua 26/10/22	Sex 28/10/22																																																																													
31	ELÉTRICO	4 dias	Seg 24/10/22	Qui 27/10/22																																																																													
32	Tubulação aterrada	4 dias	Seg 24/10/22	Qui 27/10/22																																																																													
33	PISO	8 dias	Qua 26/10/22	Sex 04/11/22																																																																													
34	Compactação e nivelamento	5 dias	Qua 26/10/22	Ter 01/11/22																																																																													
35	Armaduras Piso	3 dias	Ter 01/11/22	Qui 03/11/22																																																																													
36	Concretagem Piso	1 dia	Sex 04/11/22	Sex 04/11/22																																																																													
37	ALVENARIA	20 dias	Seg 07/11/22	Sex 02/12/22																																																																													
38	Meia Parede 1	10 dias	Seg 07/11/22	Sex 18/11/22																																																																													
39	Meia Parede 2	15 dias	Seg 14/11/22	Sex 02/12/22																																																																													
40	PILARES TÉRREOS	30 dias	Seg 14/11/22	Sex 23/12/22																																																																													
41	Armadura estrutural	15 dias	Seg 14/11/22	Sex 02/12/22																																																																													
42	Formas estrutural	15 dias	Ter 15/11/22	Seg 05/12/22																																																																													
43	Concretagem meio pilar 1	10 dias	Seg 21/11/22	Sex 02/12/22																																																																													
44	Concretagem meio pilar 2	15 dias	Seg 05/12/22	Sex 23/12/22																																																																													
45	VERGAS E CONTRAVERGAS	10 dias	Seg 05/12/22	Sex 16/12/22																																																																													
46	Armaduras vergas e contravergas	10 dias	Seg 05/12/22	Sex 16/12/22																																																																													



Projeto: TCC 12 01 23
Data: Qui 12/01/23

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo		Progresso manual	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite			
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Crítica			
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Divisão crítica			
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas		Andamento			

Página 4

ANEXO C – IMAGENS PROJETO 3D BIM RENDERIZADAS

Imagens de autoria própria, renderizadas no *software Twinmotion* na versão estudantil.

Vídeo do *tour* virtual disponível em:

<https://youtu.be/vJlQjh9DAKU>.

Figura 17 - Muro frontal



Figura 18 – Jardim frontal



Figura 19- Hall de entrada



Figura 20 – Varanda lateral



Figura 21 – Pergolado Fundos



Figura 22 - Fonte



Figura 23 – Área de Serviço



Figura 24 – Sala



Figura 25 – Suíte 1



Figura 26 – Jardim Exclusivo suíte 1

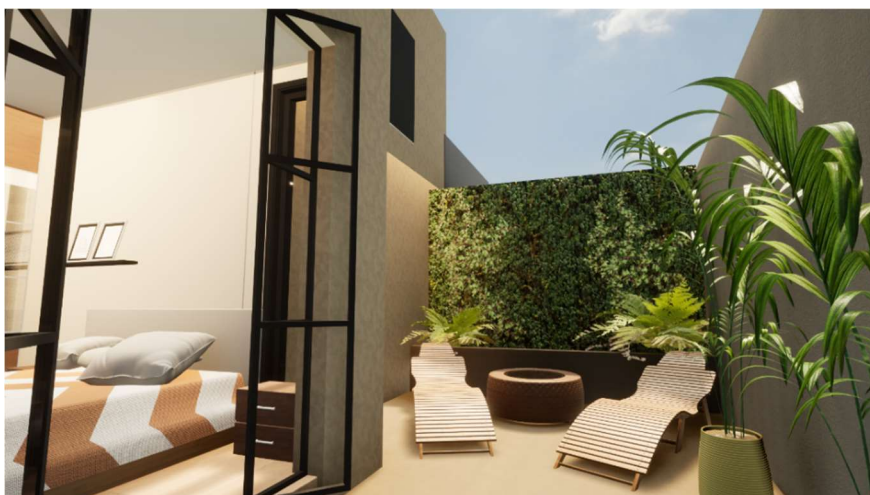


Figura 27 – Suíte 2

