



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ARQUITETURA E URBANISMO



MAÍRA ROSA CALDENA

**CANTEIRO EXPERIMENTAL DA UFOP: ESTUDO DA
VIABILIDADE SOBRE O USO DO BAMBU EM OURO
PRETO/MG E PROPOSTA DE PROJETO**

Ouro Preto
2019

MAÍRA ROSA CALDENNA

**CANTEIRO EXPERIMENTAL DA UFOP: ESTUDO DA
VIABILIDADE SOBRE O USO DO BAMBU EM OURO
PRETO/MG E PROPOSTA DE PROJETO**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito para a obtenção do grau de Bacharela em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a M.Sc. Renata Oliveira Almeida Carnielle

**Ouro Preto
2019**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C146c Caldena, Maira Rosa .

Canteiro experimental da UFOP [manuscrito]: estudo da viabilidade sobre o uso do bambu em Ouro Preto/MG e proposta de projeto. / Maira Rosa Caldena. - 2019.

73 f.: il.: color., gráf., tab., mapa..

Orientadora: Profa. Ma. Renata Oliveira Almeida Carnielle.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.

1. Bambu. 2. Arquitetura sustentável. 3. Canteiro experimental. I. Caldena, Maira Rosa . II. Carnielle, Renata Oliveira Almeida. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 72:711.4



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Em 10 de julho de 2019, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso Arquitetura e Urbanismo da Escola de Minas da UFOP, intitulado: **CANTEIRO EXPERIMENTAL DA UFOP: estudo da viabilidade sobre o uso do bambu em Ouro Preto/MG e proposta de projeto**, do aluno(a) **MAÍRA ROSA CALDENA**.

Compuseram a banca os professores(as) **RENATA OLIVEIRA ALMEIDA CARNIELLE, MIKAEL JOSÉ GUEDES ALVES, MAURICIO LEONARD DE SOUZA**. Após a exposição oral, o(a) candidato(a) foi argüido(a) pelos componentes da banca que reuniram-se reservadamente, e decidiram, aprove, com a nota 8,0.

Orientador(a)

Avaliador 1

Avaliador 2

Dedico este trabalho à minha família.

Aos meus avós, Luzia e Oliveira que já se foram, mas permanecem em mim.

Aos meus irmãos, Josilene e Wenderson. Vocês são parte de mim e não há distância que nos separe.

Aos meus pais, Wilson e Maura. Aqueles que sempre me puseram a frente dos seus planos, dos seus sonhos. Vocês são a minha força. Sei que minha felicidade é a maior recompensa para vocês. Dedico esta conquista a vocês porque a merecem mais do que eu mesma. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho.

Em especial, agradeço às minhas orientadoras.

À Patrícia Alvares por ter me orientado no início deste trabalho e à Renata Carnielle, que aceitou o desafio de dar continuidade e forma ao que já havia começado. Tive sorte ao escolher pessoas pacientes e dedicadas para me acompanharem nesse processo tão importante. Muito obrigada.

Aos meus amigos e amigas que passaram dias e noites sempre me apoiando e motivando a seguir em frente. Vocês são minha alegria e força diária.

À República Loucamente, meu lar em Ouro Preto. Agradeço pelo acolhimento e o aprendizado. Com vocês aprendi a compartilhar muito além da moradia. Entre ex alunas e moradoras, agradeço em especial: Ana Beatriz, Natália Barony, Bruna Simoncello, Brenda Marques, Lígia Rocha e Manuela Carvalho. Tenho segurança em dizer que encontrei uma segunda família que são vocês. Obrigada!

Aos professores que estiveram presentes em todo o processo do meu aprendizado. Desde a infância até hoje, ao redigir este trabalho, vocês fazem parte de cada conquista. Não deixo de agradecer um dia sequer pela existência de vocês e do trabalho tão nobre e humano que exercem. Obrigada!

À Fundação Gorceix por todo suporte oferecido a mim durante a graduação. Obrigada.

Por fim, e mais importante, obrigada Deus! Muito maior que qualquer religião eu acredito e sinto a Sua existência. Obrigada pela minha vida e pelas pessoas que fazem parte dela!

RESUMO

O bambu é uma planta da família das gramíneas, encontrada em quase todo o mundo. Países asiáticos exploram o material há séculos e tem seu uso voltado para diversas áreas desde a alimentação à construção civil. São nesses locais em que a técnica construtiva com o bambu é largamente difundida. Nos demais países, embora haja algumas exceções como a Colômbia, pouco se estuda e reconhece o potencial do material. A ausência de pesquisas e da aplicação do bambu como sistema construtivo no Brasil está ligada ao emprego de técnicas convencionais como o uso do concreto armado associado ao preconceito gerado pela vinculação do material à pobreza. Este trabalho tem por objetivo fundamentar teoricamente as potencialidades e restrições do bambu em suas principais espécies voltadas à construção civil avaliando seu potencial construtivo enquanto material sustentável na cidade histórica de Ouro Preto em Minas Gerais. Além disso, este trabalho aborda a importância do canteiro experimental dentro da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo para o estímulo da criatividade do estudante atrelada ao conhecimento prático e técnico. A utilização do canteiro na Universidade possibilita o estudo de técnicas e materiais desde os comumente empregados no Brasil até os pouco explorados como é o caso do bambu. Reconhecida sua importância, foi proposto neste trabalho o projeto arquitetônico de um canteiro experimental para o curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto.

Palavras-chave: Bambu, Construção, Canteiro experimental.

ABSTRACT

Bamboo is a plant of the grasses family, found in almost all over the world. Asian countries, where the constructive technique with bamboo is widely diffused, have been exploring the material for centuries and have been using it for several areas since feeding to civil construction . In other countries, although there are some exceptions such as Colombia, a little is studied and the potential of the material is not recognized. The lack of research and the application of bamboo as a constructive system in Brazil is linked to the use of conventional techniques such as using reinforced concrete associated with prejudice generated by the linking of the material to poverty. This work aims to theoretically substantiate the potentialities and constraints of bamboo in its main species focused on construction evaluating its constructive potential as a sustainable material in the historic city of Ouro Preto in Minas Gerais. In addition, this paper discusses the importance of the experimental site within the Faculty of Architecture and urbanism to stimulate the creativity of the student linked to the practical and technical knowledge. The use of the site in the university allows the study of techniques and materials from the commonly employed in Brazil until the little explored as is the case of bamboo. With its importance recognized, this work proposes an architectural design of an experimental site for the course of architecture and urbanism of the Federal University of Ouro Preto.

Keywords: bamboo, construction, experimental site.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01: Perímetro de tombamento | 17 |
| Figura 2: Taj Mahal..... | 18 |
| Figura 3: Taj Mahal – andaimes para construção da estrutura da cúpula – 1942 | 19 |
| Figura 4: Ponte na Universidade Tecnológica de Pereira, Colômbia | 19 |
| Figura 05. Corte tipo boca de peixe e reto para encaixe | 20 |
| Figura 06. Corte do bambu para obtenção de ripas | 21 |
| Figura 07. Parede tipo Quincha | 22 |
| Figura 08. Parede tipo Bahereque | 22 |
| Figura 09. Bambu laminado colado..... | 23 |
| Figura 10. Partes do bambu..... | 26 |
| Figura 11: Bambu Mosso | 27 |
| Figura 12: Plantação de Bambusa Vulgaris | 27 |
| Figura 13: Ponte na cidade de Solo | 36 |
| Figura 14: Ponte sobre o Rio Kali Pepe | 37 |
| Figura 15: Arcos sendo montados no chão | 37 |
| Figura 16: Catedral de Pereira. | 38 |
| Figura17: Nomadic Museum Zócalo na Cidade do México. | 38 |
| Figura 18: Pousada de ecoturismo nas montanhas de Nankun, China | 39 |
| Figura 19: Pavilhão ZERI para a EXPO 2000, na Alemanha | 39 |
| Figura 20: Restaurante do Hotel do Frade | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 21: Casa no condomínio do Frade | 40 |
| Figura 22: Recepção do Hotel do Frade | 41 |
| Figura 23: Recepção do Hotel do Frade -1 | 41 |
| Figura 24: Anfiteatro da PUC-RIO..... | 42 |
| Figura 25: Montagem do Anfiteatro da PUC-RIO | 42 |
| Figura 26: Área sob a cobertura do canteiro da FAUUSP | 44 |
| Figura 27: Arco no canteiro da FAUUSP | 45 |
| Figura 28: Formas diferenciadas no canteiro da FAUUSP | 45 |
| Figura 29: Formas diferenciadas no canteiro da FAUUSP -1. | 46 |
| Figura 30: Maquete física em cerâmica. | 46 |
| Figura 31: Cobertura do canteiro da FAUUSP..... | 47 |
| Figura 32: Sala de maquetes do canteiro da FAUUSP | 48 |
| Figura 33: Execução de cúpula em arcos centenários | 49 |
| Figura 34: Mapa do Estado de Minas Gerais Adaptado | 51 |
| Figura 35: Mapa de declividade da cidade de Ouro Preto. | 52 |
| Figura 36: Mapa Do Solo de Minas Gerais – Recorte. | 53 |
| Figura 37: Mapa do Campus Adaptado – sem escala. | 58 |
| Figura 38: Maquete física para proposta estrutural | 61 |
| Figura 39: Desenho esquemático da estrutura em bambu | 62 |
| Figura 40: Esquema da iluminação e ventilação. | 63 |
| Figura 41: Maquete eletrônica 1..... | 65 |
| Figura 42: Maquete eletrônica 2..... | 66 |
| Figura 43: Maquete eletrônica 3..... | 66 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----------|
| Quadro 1: Estimativa da contribuição dos gases para o efeito estufa..... | 24 |
| Quadro 2: Espécies com potencial para aplicação no setor da construção civil..... | 28 |
| Quadro 3: Espécies com potencial para aplicação no setor da construção civil..... | 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1: Produção de bambu <i>versus</i> eucalipto..... | 30 |
|---|-----------|

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 1.2 | OBJETIVOS GERAIS..... | 16 |
| 1.3 | OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 16 |
| 1.4 | METODOLOGIA E DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO..... | 16 |
| 2 | CONTEXTUALIZAÇÃO DO USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL.. | 18 |
| 2.1 | POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO..... | 20 |
| 3 | O BAMBU ENQUANTO MATERIAL SUSTENTAVEL..... | 24 |
| 3.1 | AS ESPECIES DE BAMBU: PRODUÇÃO E TRATAMENTO..... | 26 |
| a. | As espécies..... | 26 |
| b. | Cultivo..... | 29 |
| c. | Tratamentos Preservativos..... | 31 |
| I. | Tratamento por imersão..... | 31 |
| II. | Tratamento por queima..... | 31 |
| III. | Tratamento químico..... | 31 |
| IV. | Tratamento pelo método Bolcherie..... | 31 |
| 4 | O CANTEIRO EXPERIMENTAL COMO MEIO DE CRIAÇÃO..... | 33 |
| 5 | OBRAS ANÁLOGAS..... | 36 |
| 6 | ESTUDO DE CASO: CANTEIRO EXPERIMENTAL DA FAUUSP..... | 43 |
| 7 | ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DO BAMBU..... | 50 |
| 7.1 | A CIDADE DE OURO PRETO..... | 50 |
| 7.2 | CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS..... | 51 |
| 7.3 | ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PLANTIO DO BAMBU EM OURO PRETO..... | 54 |
| 7.4 | LOCAL PARA O CULTIVO DE BAMBU EM OURO PRETO..... | 55 |
| 8 | O TRABALHO EXPERIMENTAL COMO MEIO DE DESCOBERTA DOS | |

| | |
|--|----|
| POTENCIAIS DO BAMBU..... | 57 |
| 9 O PROJETO ARQUITETÔNICO..... | 58 |
| 9.1 IMPLANTAÇÃO..... | 58 |
| 9.2 PROGRAMA DE NECESSIDADES..... | 59 |
| 9.3 PROPOSTA ESTRUTURAL..... | 60 |
| 9.4 ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO..... | 62 |
| 9.5 COBERTURA..... | 63 |
| 9.6 PLANTAÇÃO DE BAMBU NOS TALUDES..... | 64 |
| 9.7 APRESENTAÇÃO DO PROJETO | 65 |
| 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 67 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 68 |
| ANEXO A – PLANTA DO CANTEIRO EXPERIMENTAL – PROJETO PRECAM..... | 72 |
| APENDICE A – DESENHOS TÉCNICOS DO PROJETO AUTORAL | 74 |

1 INTRODUÇÃO

Como reflexo natural da crise econômica vivenciada pelo Brasil, o setor da construção civil vem sofrendo queda desde o ano de 2014, conforme apontou o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (SALES,2017). Em 2017, a queda se manteve por volta de 2,5%. Para José Carlos Martins, presidente da Câmara Brasileira da Construção Civil (CBIC), a previsão de queda nas taxas de juros até dezembro de 2017 trouxe maiores investimentos na construção, setor que atualmente representa 8% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (CIBIC MAIS).

Em contrapartida, a demanda criada pela construção civil tem alavancado discussões sobre a preocupação com o impacto ambiental, seja no uso dos recursos naturais, seja na poluição ou no desperdício de materiais. Só, a fabricação do cimento é responsável por 8% do total de emissões dos gases do efeito estufa, de acordo com o Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol).

Logo, a busca por processos construtivos menos agressivos ao ambiente é uma das grandes questões abordadas pelas convenções internacionais como o Protocolo de Kyoto e a Agenda 21. Neste contexto, um importante caminho para a construção é a utilização de materiais renováveis nos projetos arquitetônicos, garantindo assim, a manutenção do ecossistema. É fundamental que o estudante de arquitetura e o arquiteto compreendam os processos sustentáveis e os considerem em suas concepções projetuais.

Dentre os materiais renováveis, tem-se como alternativa o bambu. O seu uso na arquitetura no Brasil é pouco referenciado sendo, portanto, subestimado como elemento estrutural, de vedação etc. São poucos os materiais disponíveis sobre o assunto, que também não é contemplado no currículo escolar dos cursos de arquitetura, tendo assim, pouca repercussão e divulgação.

Observa-se também que os métodos construtivos vernaculares demandam mais trabalho manual e conhecimentos específicos do material para sua execução. Tais fatores contribuem para que a prática perca espaço para os métodos construtivos convencionais que estão cada vez mais industrializados, mecanizados e rápidos.

A partir do anterior exposto, o presente trabalho elenca como principal questão a pouca expressividade da utilização da técnica do bambu dentro do panorama da arquitetura brasileira, mais precisamente, na cidade de Ouro Preto. Logo, este

trabalho visa avaliar se as condições do clima e solo do município são favoráveis ao desenvolvimento da cultura do bambu e, assim, testar a viabilidade do uso do material de forma sustentável. Como forma de implementação do estudo, propõe o desenvolvimento de um projeto arquitetônico utilizando o material como elemento estrutural em sua proposta com implantação prevista dentro do campus da Universidade Federal de Ouro Preto.

1.1. JUSTIFICATIVA

O bambu possui características que fazem dele um material interessante para estudos na área da construção civil. Uma de suas espécies, o Taquaruçu, por exemplo, possui cerca de 70% de sua massa composta por fibras, o que faz dele uma opção com alta resistência mecânica a tração, compressão e flexão. Tais características aliadas à sua leveza e fácil renovação o tornam ideal para quem procura sustentabilidade, baixo custo e resistência.

Outras características do bambu como resistência, fácil manuseio e grande proliferação em plantações justificam sua utilização com maior frequência como matéria prima na construção civil. Existem obras expressivas com utilização deste método construtivo, com diferentes aplicações. Em outras regiões do mundo, principalmente na Ásia, as técnicas utilizadas com bambu são milenares e a bibliografia sobre o assunto é extensa, divergindo do cenário encontrado no Brasil.

Apesar das vantagens, o bambu, como todos os materiais, possui algumas barreiras como, por exemplo, o fato de ser rico em seiva e, portanto, favorecer o ataque de agentes biológicos. Porém, já existem técnicas de tratamento similares aos aplicados na madeira que minimizam tais ataques. Assim, a principal dificuldade para o uso do material está no não reconhecimento da sua potencialidade e na pouca difusão da sua técnica no Brasil.

Tendo em vista essas características apresentadas, o bambu, se comprovada sua viabilidade, é um material alternativo que possibilita a inserção de um novo mercado de construções na cidade de Ouro Preto – MG.

1.2. OBJETIVOS GERAIS

O trabalho tem como objetivo principal fundamentar teoricamente as potencialidades e restrições do bambu, voltadas à construção civil, avaliando seu potencial construtivo enquanto material sustentável para o município de Ouro Preto, MG.

Além disto, levantar a importância de um canteiro experimental destinado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo, e áreas afins, enquanto espaço adequado ao estudo e desenvolvimento de experimentos com o material, propondo o projeto arquitetônico desse na Universidade Federal de Ouro Preto.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar o desenvolvimento da construção com bambu no mundo e no Brasil;
- Apontar as principais espécies de bambu com potencial construtivo;
- Expor as práticas de tratamento de prevenção contra agentes biológicos e ambientais;
- Averiguar a possibilidade do cultivo do bambu na cidade de Ouro Preto – MG, vislumbrando sua aplicação nas construções enquanto sistema construtivo sustentável;
- Apresentar o programa de necessidades de um canteiro;
- Elaborar o projeto arquitetônico de um canteiro experimental para a Universidade Federal de Ouro Preto.

1.4. METODOLOGIA E DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A metodologia adotada para a realização deste trabalho tem caráter exploratório. Toda a informação aqui apresentada tem origem, principalmente, nos materiais bibliográficos existentes acerca do tema proposto.

Foram consultados livros, periódicos e materiais virtuais que acompanham o tema. Além da pesquisa teórica, foram realizadas entrevistas informais como meio de adquirir maior referencial quanto a utilização do material de forma prática.

A fim de cumprir os objetivos propostos, a presente pesquisa foi desenvolvida na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais, nas áreas externas ao perímetro de

tombamento federal (Figura 1). Tal escolha considerou o fato de que as áreas externas ao perímetro são essencialmente as áreas de expansão da cidade onde se concentram os maiores números de obras civis. Além disso, as áreas internas ao perímetro de tombamento possuem particularidades históricas e arquitetônicas que poderiam limitar a utilização do material.

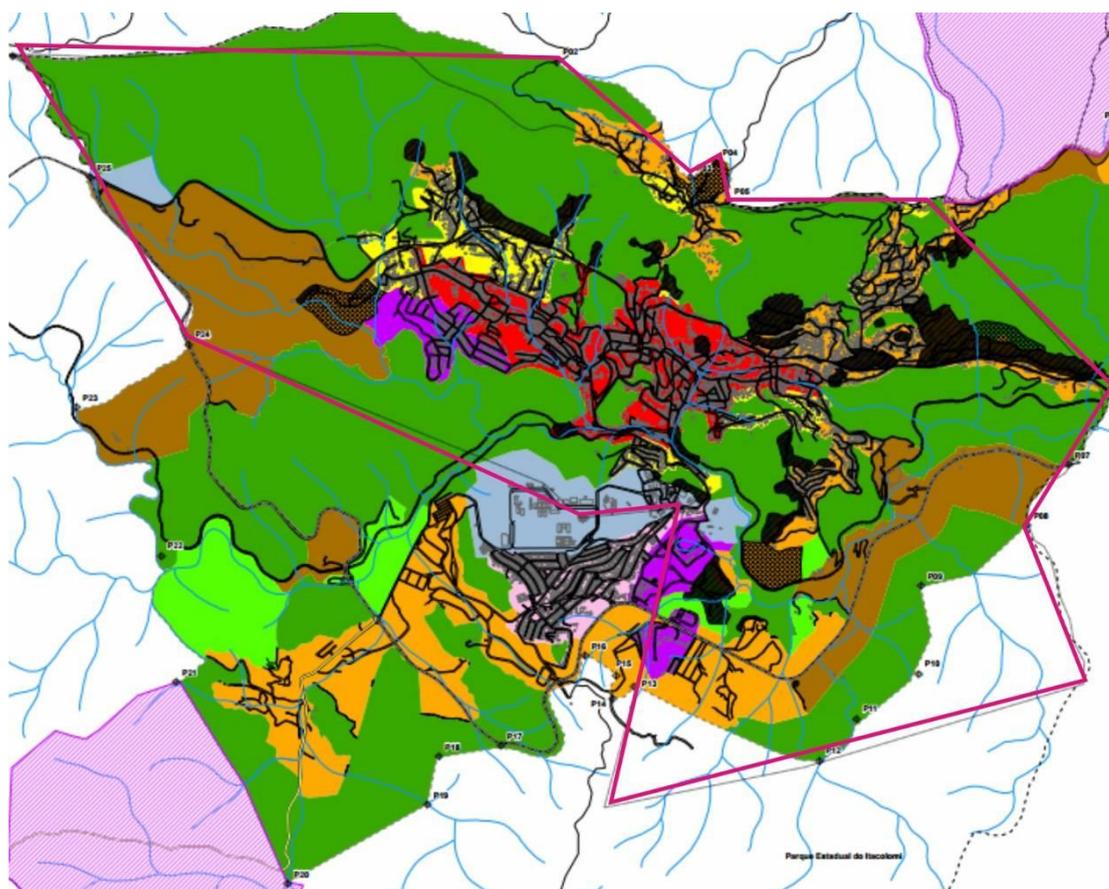


Figura 01: Perímetro de tombamento

Fonte: IPHAN (Portaria 312) e PMOP (Lei nº 29/2006 e 93/2011).

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sendo uma planta da família das gramíneas que conta com mais de mil espécies espalhadas pelo mundo o bambu encontra-se, em maioria, aplicado como elemento construtivo nos continentes asiático e americano. A Ásia abriga a maior biodiversidade do material e pode ser considerada o seu berço natural. Devido a isso e a boa aceitação da população, é na Ásia que se encontram os melhores exemplos de aplicação do bambu na construção civil (OLIVEIRA,2006).

A origem do bambu como meio construtivo se deu pela necessidade do homem em criar abrigos que garantissem sua sobrevivência. Na arquitetura, os exemplares mais antigos com o uso do material são os templos japoneses, chineses e indianos, sendo o Taj Mahal (Figura 2 e 3) o mais conhecido de todos, que teve sua abóboda inicialmente construída em bambu, substituída tempos depois por metal (OLIVEIRA, 2006).



Figura 2: Taj Mahal.
Fonte: Megan Sveiven, 2011.



Figura 3: Taj Mahal – andaimes para construção da estrutura da cúpula – 1942.
Fonte: PADOVAN, 2010.

Outros exemplares podem ser citados como as pontes (Figura 4) e habitações. No continente americano os grandes exemplos estão na Colômbia e Equador, países que viram na flexibilidade do bambu uma alternativa para resistirem a terremotos sem grandes perdas.



Figura 4: Ponte na Universidade Tecnológica de Pereira, Colômbia.
Fonte: Padovan, 2010

No Brasil, a aplicação do bambu na construção ainda é tímida e possui o agravante relacionado a rejeição da população ao uso do material nas construções.

Porém, a procura por meios construtivos menos agressivos ao ambiente tem estimulado o interesse pelo material e pode reverter este quadro ainda que a longo prazo, conforme apresentado em obras análogas.

2.1. POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO

A forma mais simples para aplicação do bambu é a utilização de seu formato natural, roliço. Essa é a maneira com menor intervenção, portanto, a mais econômica. As ligações em perfis roliços necessitam de maior estudo já que, neste caso, são dificultadas pelo deslizamento entre as faces. A figura 05 expõe algumas formas de ligação entre bambus roliços.



Figura 05. Corte tipo boca de peixe e reto para encaixe.
Fonte: Padovan, 2010.

Ainda como formas mais simples de aplicação estão a utilização das ripas, tiras e cordas de bambu. As ripas são obtidas através do corte do bambu no seu eixo longitudinal (Figura 06). As tiras, são filamentos originados da divisão das ripas e são muito aplicadas na confecção de tramas. Já as cordas são utilizadas para amarração entre os elementos de bambu e são obtidas através da retirada de lascas da casca do material posteriormente trançado.

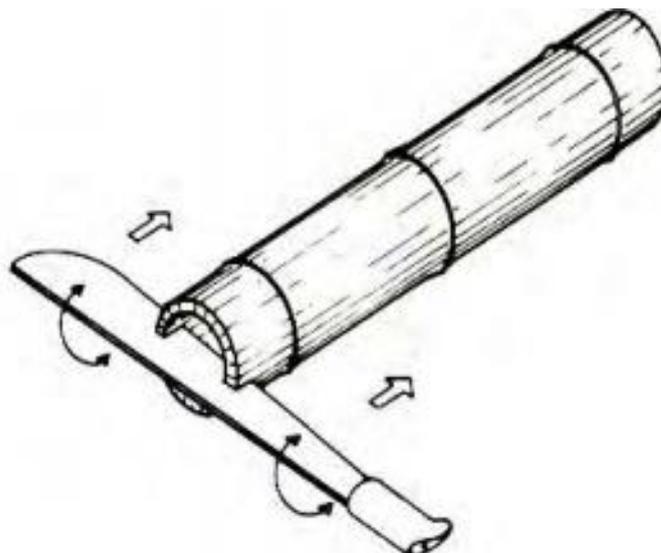


Figura 06. Corte do bambu para obtenção de ripas.

Fonte: Lopez, 2003.

É possível encontrar formas de se construir desde a estrutura até a cobertura de uma edificação com bambu. A estrutura é feita com bambus robustos sobre estruturas de outro material como, por exemplo, o concreto. Esta medida é tomada a fim de evitar a degradação do bambu através do contato com o solo úmido. Os colmos formam os pilares. Sobre eles é criado um tablado para receber o piso. Juntamente com as vigas, os pilares sustentam a edificação podendo ser utilizados elementos diagonais com função de contraventamento. A partir de então, a edificação pode receber paredes, piso, forro e cobertura.

Todos os elementos da edificação podem ser concebidos somente em bambu ou através da sua combinação com outros materiais. Por exemplo, no Peru e no Chile são utilizadas paredes tipo Quincha (Figura 07) que consistem no preenchimento dos espaços entre pilares com trançados de ripas que recebem argamassa de barro e fibras para preencher os vazios. O acabamento da parede pode ser feito com a mesma argamassa ou com outra mais fina (PADOVAN, 2010).

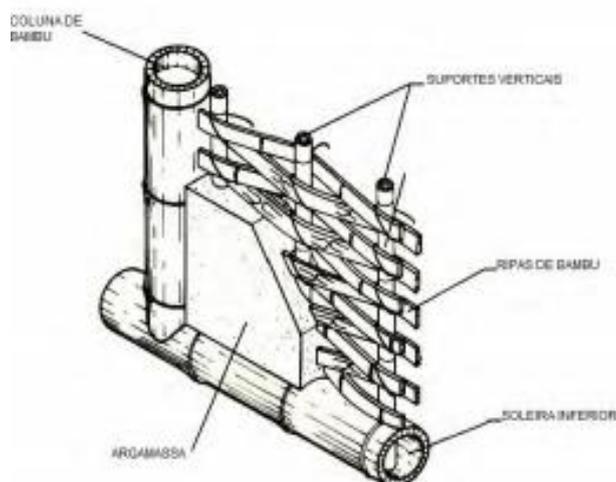


Figura 07 - Parede tipo Quincha

Fonte: Lopez, 2003.

Já a Colômbia possui outra técnica de vedação. A parede tipo *Bahareque* (Figura 08) utiliza o bambu cortado ao meio que envolve os elementos mais robustos nas duas faces criando um vão entre elas. No vão, é adicionado uma argamassa de barro e fibras vegetais que também é utilizada para revestir a parede.

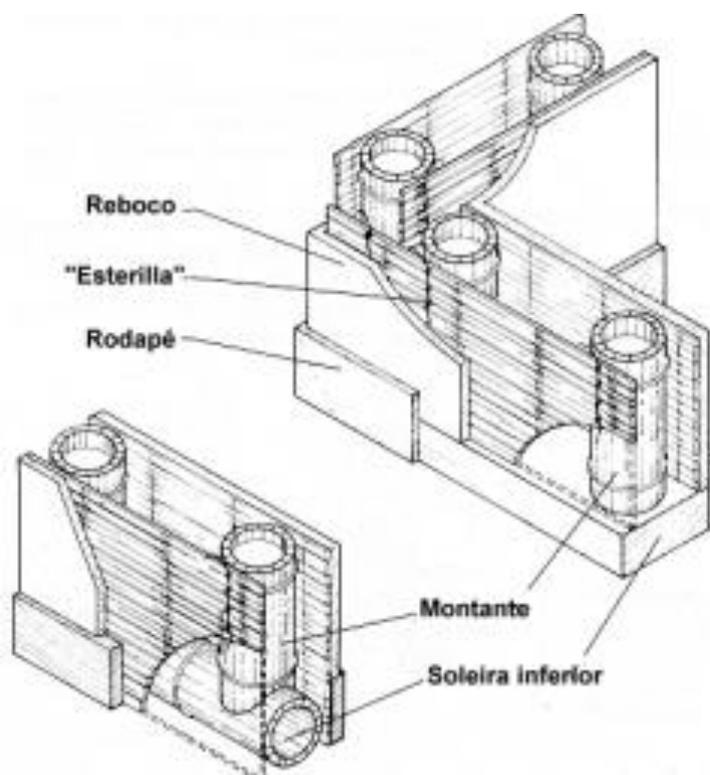


Figura 08. Parede tipo Bahareque.

Fonte: Lopez, 2003.

Assim como a madeira, o bambu pode ser matéria prima para materiais mais industrializados como o compensado que, neste caso é formado por ripas coladas de maneira transversal em relação as fibras (MOIZÉS, 2007). O compensado pode ser utilizado em formas para concretagem, elementos estruturais como vigas, tesouras, paredes e outros. Outro material originado da colagem das ripas é o bambu laminado colado (Figura 09).



Figura 09. Bambu laminado colado.

Fonte: Moizés, 2007.

Além disto, há também os painéis de bambu, que são produzidos através da prensagem a quente das partículas secas originadas da moagem do colmo misturado a resinas orgânicas. Para finalizar, o compensado pode ser coberto por laminas lisas de bambu ou madeira e aplicado em forros, portas, divisórias e tampos. Uma variação deste material é o OSB (Oriented Strand Board of Bamboo) cuja resistência é maior podendo ser aplicado em paredes, pilares ou vigas de casas.

3 O BAMBU ENQUANTO MATERIAL SUSTENTAVEL

A busca pela preservação do meio ambiente está em pauta desde 1972 com a primeira Conferência Internacional do Meio Ambiente. A partir de então, tem-se estimulado o uso de materiais e tecnologias menos agressivos ao meio. A emissão de gases que contribuem para o aquecimento global também é uma das questões a ser minimizada. O gás carbônico é o poluente mais liberado (Quadro 1) e, depois da elaboração do Protocolo de Quioto, sofreu restrições para a redução na sua liberação assim como outros gases.

Quadro 1: Estimativa da contribuição dos gases para o efeito estufa

| Gases de Efeito Estufa - GEE | Porcentagem (%) |
|--|------------------------|
| Dióxido de Carbono - CO₂ | 50 |
| Metano - CH ₄ | 16 |
| Ozônio - O ₃ | 8 |
| Óxido Nitroso - N ₂ O | 6 |
| Clorofluorcarbono - CFC | 20 |
| Total | 100 |

Fonte: BARROS, 2004.

Os materiais industrializados contribuem para a degradação do meio ambiente. Vários fatores que vão desde a extração do material na natureza, seu transporte, beneficiamento, aplicação e descarte geram grande consumo de energia, emissão de gases, entulho e outros malefícios. Por isso, materiais alternativos e com maior sustentabilidade tem sido cada vez mais procurado.

O bambu surge então como uma possibilidade de se aliar eficiência e maior sustentabilidade comparado a outros materiais. Eficiência em poder substituir materiais convencionais com qualidade e sustentabilidade devido a vários fatores ecológicos embutidos no material.

O fato de ser um material renovável pode ser citado como maior benefício a favor da sustentabilidade. Uma touceira¹ de bambu, quanto mais explorada, mais produz. A retirada do bambu funciona como um processo de poda, estimulando o crescimento e renovação da touceira, portanto, não é necessário replantio. Em boas condições, algumas espécies de bambu crescem até 40 centímetros por dia (Barros, 2004). Outro fator favorável é a capacidade de se desenvolver em solos de diferentes características. Assim, caso seja possível a plantação a nível nacional, os gastos com transporte são minimizados.

A questão acerca da redução na emissão de gases também pode encontrar uma aliança no bambu. O material é o maior consumidor de dióxido de carbono entre as plantas. Através da fotossíntese, retira gás carbônico e libera oxigênio para a atmosfera. Assim, pode ser considerado um filtro natural do ar. Além disso, possui baixa energia embutida na sua produção como mostra o Gráfico 1.

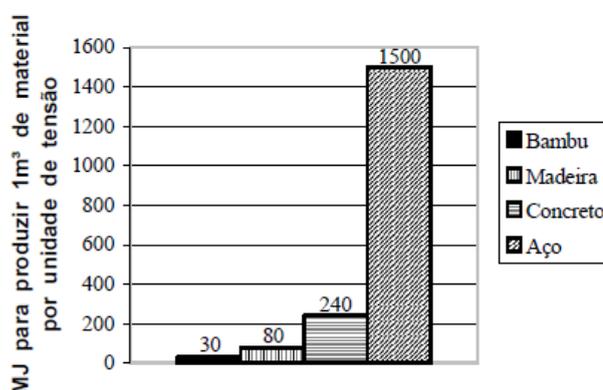


Gráfico 1 - Energia gasta em MJ para produzir 1m³ de alguns materiais por unidade de tensão.

Fonte: Ghavami, 1996.

Por ser um material pouco industrializado e a possibilidade de cultivo em diferentes condições contribuem para que construções em bambu sejam financeiramente mais acessíveis em relação aos métodos convencionais. Assim, além de todas as vantagens já citadas, o bambu tem grande potencial para aplicação em projetos de caráter social aliando baixo custo à segurança e durabilidade.

¹ Touceira significa um arranjo de grupo de vegetais, neste caso, de bambus. Touceira ou bambual.

3.1. AS ESPÉCIES DE BAMBU: PRODUÇÃO E TRATAMENTO

a. As espécies

O bambu é uma gramínea de grande porte classificada como *Bambusae* e inserida na família *Graminae*. São cerca de 50 gêneros e 1250 espécies distribuídas naturalmente pelo mundo (Oliveira, 2006). A sua distribuição geográfica compreende as áreas tropicais e subtropicais como Ásia (67%), África (3%) e América do Sul (30%) (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Composto por duas partes principais (Figura 10), como as árvores, o bambu possui o colmo e folhagens na parte aérea e rizoma e raízes na parte subterrânea.

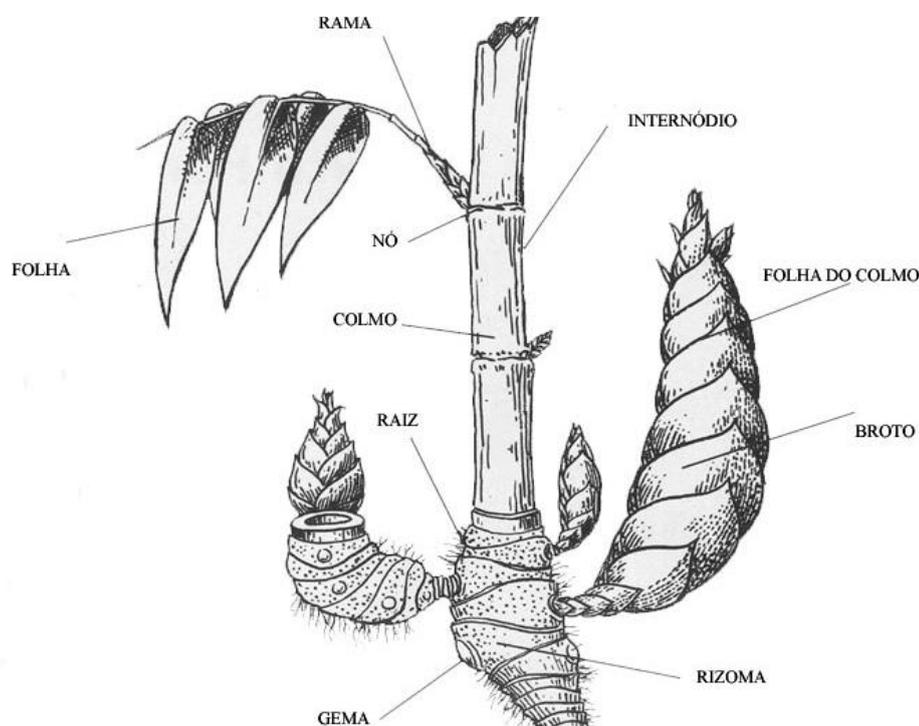


Figura 10: Partes do bambu. Padovan, 2010.

Conforme citado, são muitas as espécies de bambu e é através do seu reconhecimento que se define a sua possível aplicação: construção civil, indústria alimentícia, indústria moveleira e ornamentação. O Brasil possui condições favoráveis ao cultivo do bambu. Porém, grande parte das espécies encontradas são orientais excluindo-se as do gênero *Guadua*, naturalmente americano, que possui algumas espécies nativas no país como a *Guadua weberwarii*, que ocupa quase sete milhões de hectares no estado do Acre (Padovan,2010).

Algumas espécies tem movimentado, de maneira ainda tímida, o comércio brasileiro. Nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e no interior de São

Paulo, a cana-da-índia ou *Phyllostachys aurea* é encontrada e empregada na fabricação de móveis ou varas de pesca. Também encontrada em São Paulo, a *Phyllostachys pubescens* ou bambu mossô (Figura 11) tem suas propriedades voltadas ao paisagismo e à culinária com o consumo do seu broto. No Maranhão e Pernambuco a produção é de papel utilizando a espécie *Bambusa vulgaris* (Figura 12).



Figura 11: Bambu Mossô.
Fonte: Padovan, 2010.



Figura 12: Plantação de *Bambusa Vulgaris*.
Fonte: Padovan, 2010.

Existem algumas espécies com potencial para aplicação no setor da construção civil (Quadros 2 e 3). Dentre elas, a que mais se indica é o *Guadua angustifolia*, mas, esta

espécie é pouco encontrada no Brasil sendo mais comum na região Norte. Porém, ainda assim, o país possui algumas outras espécies como o *Bambusa vulgaris*; *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante); *Bambusa tuldoides* e *Bambusa arundinacea* também aplicáveis no setor (Toledo Filho e Barbosa, citado por Padovan, 2010).

Quadro 2- Espécies com potencial para aplicação no setor da construção civil

| Nome científico | Origem (principal) | Comprimento (m) | Diâmetro (cm) | Características e usos |
|--------------------------------|--|-----------------|---------------|--|
| <i>Arundinaria sp.</i> | Índia e Nepal | 3,00~10,00 | 1,50~4,30 | Trançados para painéis de casas; cobertura e ligações. |
| <i>Bambusa arundinacea</i> | Índia | 25,00~30,00 | 15,00~20,00 | Paredes grossas; formas um pouco torcidas; forte e muito duradoura; presença de espinhos. |
| <i>Bambusa balcooa</i> | Índia | 15,20~21,30 | 7,60~15,20 | Muito adequado para diversas aplicações em construções. |
| <i>Bambusa blumeana</i> | Malásia, Java, Índia, Sumatra, Borneo, Índia e Filipinas | 9,10~18,20 | 7,60~15,20 | Paredes grossas; componentes construtivos de modo geral. |
| <i>Bambusa multiplex</i> | China | 9,10 | 2,50 | Entrenós longos e paredes finas; resistente ao ataque de insetos; revestimento para coberturas e painéis. |
| <i>Bambusa nutana</i> | Índia | 10,00~15,00 | 4,00~8,00 | Paredes muito grossas; entrenós de 35~45cm; substância lenhosa forte; peças retílineas, dura e muito apreciada; uso geral na construção. |
| <i>Bambusa polymorpha</i> | Índia, Paquistão, Birmânia e Tailândia | 15,20~24,30 | 7,60~15,20 | Considerado um dos melhores bambus para painéis, pisos e coberturas. |
| <i>Bambusa textilis</i> | China | 14,10 | 5,00 | Entrenós longos com capa lenhosa bastante delgada; trançados para painéis. |
| <i>Bambusa tuldoides</i> | China, Brasil, Malásia e El Salvador | 19,10 | 5,00 | Uso geral na construção. |
| <i>Dendrocalamus asper</i> | Malásia, Indonésia, Filipinas e Tailândia | 30,50 | 15,20~20,30 | Entrenós curtos, paredes muito grossas na região basal do bambu. |
| <i>Dendrocalamus giganteus</i> | Índia, Tailândia e Birmânia | 24,30~30,50 | 20,30~25,40 | Uso geral na construção. |

Fonte: Toledo Filho e Barbosa (1990).

Quadro 3 - Espécies com potencial para aplicação no setor da construção civil

| Nome científico | Origem (principal) | Comprimento (m) | Diâmetro (cm) | Características e usos |
|----------------------------------|--|-----------------|---------------|---|
| <i>Dendrocalamus latiflorus</i> | Tailândia, Taiwan e Filipinas | 25,00 | 20,00 | Espessura das paredes: 0,5~3,5 cm; entrenós: 20,00~70,00 cm; uso geral na construção. |
| <i>Dendrocalamus strictus</i> | Índia, Tailândia e Birmânia | 5,00~15,00 | 5,00~8,00 | Bambu muito forte, frequentemente maciço; uso geral na construção. |
| <i>Bambusa aculcata</i> | México ao Panamá | 22,80 | 12,70 | Entrenós relativamente curtos; substância lenhosa de espessura mediana; uso geral na construção. |
| <i>Bambusa amplexifolia</i> | Venezuela a México | 18,20 | 10,10 | Entrenós relativamente curtos; colmos inferiores semi-macios. |
| <i>Bambusa angustifolia</i> | Brasil, Peru, Equador, Colômbia, e Argentina ao Panamá | 27,40 | 15,20 | Entrenós relativamente curtos; espessura de até 2cm; utilizado em quase todos os componentes das casas. Muito resistente ao ataque de fungos e insetos. |
| <i>Bambusa superba</i> | Brasil | 22,8 | 12,7 | Uso geral na construção. |
| <i>Melocanna baccifera</i> | Índia, Paquistão e Birmânia | 15,20~21,30 | 3,80~7,60 | Entrenós de 30,48~50,80cm; peças retilíneas, paredes delgadas, porém forte e duráveis. Material principal para construção de casas populares. |
| <i>Phyllostachys bambusoides</i> | China e Japão | 22,80 | 15,20 | Peças retilíneas; substância lenhosa de espessura mediana, mas de excelente qualidade; uso geral na construção. |
| <i>Phyllostachys edulis</i> | Taiwan | 4,0~20,0 | 5,0~18,0 | Uso geral na construção. |
| <i>Thyrsostachys siamensis</i> | Tailândia e Birmânia | 7,60~14,10 | 3,80~7,60 | Paredes grossas; entrenós 15,24~30,48cm; muito resistente e retilíneo. |

Fonte: Toledo Filho e Barbosa (1990)

b. Cultivo

No geral, o bambu se adapta bem a diferentes condições climáticas e de solo. Porém, existem condições ideais para a sua produção como áreas com a presença de solos soltos, férteis, drenados, com pH entre 5 e 6,5 e índices pluviométricos acima de 1000 mm (mil milímetros) anuais. Deve-se evitar solos salinos, muito úmidos ou com o lençol freático alto (Oliveira, 2006).

Além disso, para o cultivo em escala comercial é recomendado o uso de áreas com baixa inclinação buscando maior facilidade de plantio, manutenção, manejo e, conseqüentemente, redução de custos (DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, 2017).

Devem ser previstos espaçamentos médios de plantio do bambu considerando o seu crescimento futuro. Para espécies de grande porte, o recomendado é 10m x 5m e, para espécies de pequeno porte, 5m x 3m. As moitas devem se manter limpas e arejadas. Também são necessárias adubações anuais para a correção do pH do solo, retirada de colmos defeituosos e irrigações em alguns casos. Assim, o bambu atinge entre cinco e sete anos as características de sua espécie como altura, diâmetro e espessura da parede do colmo (Padovan, 2010).

A colheita para fins construtivos deve ser feita quando o bambu estiver maduro, ou seja, quando atingir menor índice de seiva e, conseqüentemente, maior resistência. De modo geral, isto ocorre após quatro anos do plantio. Portanto, o reconhecimento da idade é importante no processo da colheita e deve ser embasado por marcações que serão mais precisas em relação ao simples reconhecimento visual. (Padovan, 2010).

O período ideal para o corte em regiões tropicais é o inverno e, em regiões subtropicais, as estações secas. São nessas épocas que o colmo tem menor concentração de água e seiva reduzindo os ataques biológicos e deformações de manejo. A produção de bambu é rápida. Segundo, Dunkelberg, citado por Padovan (2010), após três anos de rotatividade a produtividade é de 7,5 t/ha a 38 t/ha. Este valor é satisfatório se comparado a produção de madeira na Alemanha que é da ordem de 1,4 t/ha após a secagem (Padovan, 2010).

Em relação aos custos, Kamegasawa, citado por Padovan, aponta que a produção de bambu possui melhores resultados em todos os quesitos (plantio, crescimento e rendimento por período) se comparada à produção de eucalipto como aponta a Tabela 3.

Tabela 1 - Produção de bambu versus eucalipto

| Material | Custo do plantio por hectare | Rendimento | Período de produção |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Eucalipto | US\$ 300-400 | 12 a 16 t/ha/ano umidade de 6% | 20 anos (aprox. 3 cortes) |
| Bambu | US\$ 200-250 | 20 a 30 t/ha/ano | 60 a 120 anos |

Fonte: Kamegasawa, citado por Padovan, 2010.

c. Tratamentos Preservativos

Para utilização na construção civil, faz-se necessário a submissão do bambu a alguns tratamentos em vistas a eliminar a possibilidade de ataques por agentes biológicos e a degradações devido à exposição a intempéries. Aqui serão descritos os tratamentos mais usuais, que podem ser aplicados de forma individual ou associados.

I. Tratamento por imersão

O tratamento por imersão deve ser feito logo após o corte do colmo. A técnica deve ser aplicada por, no máximo, sete semanas e consiste no mergulho do bambu em água corrente ou em reservatório com troca da água semanalmente. A ausência de ar causada pela técnica contribui para a redução ou eliminação do amido e, conseqüentemente, para a redução de ataque por agentes biológicos (Souza, 2014).

II. Tratamento por queima

Neste caso, a superfície externa dos colmos recebe uma barreira toxica devido à ação da fumaça e, devido à ação do calor, também ocorre a redução da seiva tornando o colmo menos atraente aos insetos. Deve-se atentar ao maior risco de fissurações ao utilizar-se este método (Souza, 2014).

III. Tratamento químico

O uso de produtos químicos demanda maior custo e cuidado no manejo por apresentarem toxicidade. Bambus que estarão em contato com a água e o solo devem receber tratamento à base de produtos oleosos como o creosoto e o pentaclorofenol (Barros et. al., 2004). Para a execução da técnica os bambus devem estar secos e submersos por até sete dias em solução química (Souza, 2014).

Em bambus que não serão expostos as intempéries, recomenda-se o uso de produtos à base de sais como o cromato de zinco e o de cobre. Este tratamento pode ser aplicado em bambus secos (por imersão) ou verdes (por substituição da seiva) recém cortados (Souza, 2014).

IV. Tratamento pelo Método Bolcherie

Este método consiste basicamente na introdução do produto preservativo através da aplicação de pressão sobre o colmo. Assim, se substitui a seiva e reduz o

risco de ataque biológico. Esta técnica deve ser empregada em colmos recém cortados, quando a seiva ainda está ativa (Barros et. al., 2004).

A partir dos estudos apresentados, o capítulo em sequência apresenta conceitos sobre a definição e importância dos Canteiros Experimentais.

4 O CANTEIRO EXPERIMENTAL COMO MEIO DE CRIAÇÃO

Segundo Silvosso et al. (2017), o canteiro experimental tem papel fundamental para o currículo do curso de Arquitetura e Urbanismo, pois, resgata a integração entre o exercício manual e o intelectual, permite o trabalho com ajuda mútua estreitando as relações de cooperação, possibilita a experimentação de materiais e de técnicas construtivas podendo gerar novos meios de se construir e conceber de forma criativa. O canteiro experimental permite ainda a aproximação do que é visto em sala de aula com o que se pratica de fato, facilitando o aprendizado muitas vezes dificultado na teoria.

Ronconi (2005), fundador do canteiro experimental da FAU-USP cita que, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, n 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (LDB), o canteiro experimental se tornou um equipamento obrigatório nas faculdades de Arquitetura e Urbanismo. Para o autor, esta medida pode ter um efeito negativo que seria a existência dos canteiros apenas para o cumprimento de regras e enfatiza que o canteiro, além de existir, deve ser incluso no Plano Pedagógico do curso e atrelado às disciplinas.

Outro ponto negativo apontado por Ronconi (2005) é a constante confusão entre canteiro experimental e canteiro de obras. Para ele, o canteiro de obras tem efeito alienador e reproduz técnicas empregadas nas obras, já o canteiro experimental, estimula o processo criativo do estudante.

Quanto ao programa de atividades, Carrara (2010) cita que o Ministério da Educação não prevê como deve funcionar um canteiro, apenas aponta que ele deve cumprir o papel integrador entre teoria e prática, possibilitando ao estudante vivências que o aproximem mais do seu papel como agente transformador do meio, construindo críticas e estimulando a criatividade.

A Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura – ABEA, citada por Carrara (2010), no entanto, aponta algumas diretrizes que configuram a estrutura mínima para o bom funcionamento de um canteiro experimental:

Espaço Físico para Canteiro Experimental de uso exclusivo do Curso, para realização de simulações dos processos de construção, com área mínima de 100,00 m² coberta para galpão de obra e mais área aberta para ensaios de construção. O Canteiro Experimental deve contar com pessoal especializado de apoio, e criar procedimentos para o

cumprimento das exigências de segurança e medicina de trabalho – NR18 e de proteção para os alunos e pessoal especializado em suas práticas.(CARRARA, 2010)

Além disto, o Canteiro Experimental deverá promover o uso e o acesso de diversas formas, como apoio aos projetos e atividades de extensão. Desta forma, segundo Carrara (2010), amplia a possibilidade de utilização e prestação de serviços, na perspectiva de viabilizar o investimento para novos equipamentos. Dentre as diretrizes e apontamentos, constam também listas de materiais mínimos de consumo para utilização nos canteiros, bem como equipamentos necessários:

Material de consumo para o Canteiro Experimental: cimento, areias (diversas espessuras), brita, tijolos (diversos tipos), madeiras para formas, argila, barro, ferro para armaduras, peças de pré-moldados, blocos cerâmicos e de solocimento, etc.

Equipamentos essenciais para o Canteiro Experimental: caixa para guarda de ferramentas, nível de bolha, trena metálica de 5m, prumo cilíndrico, prumo de centro, metro e lápis de carpinteiro, rolo de linha cordoada, faca e canivete, colher de pedreiro, capacetes plásticos, luvas de trabalho, torquez, alicates, chaves de fenda, martelos, marretas, machadinhas, carrinhas (no Nordeste o termo usado é carro-de-mão), peneiras finas e grossas, baldes de plástico e de metal, caixa para massa, mangueira de 15 m, mangueira de nível, serrotes, serras de arco para ferro, cavadeira, talhadeira, escova de aço, desempenadeira de madeira e de aço, furadeira manual, metro articulado, disco de corte com bancada, bota fora. (CARRARA, 2010)

Ronconi (2005), através de sua experiência com o canteiro da FAU-USP também apontou pontos importantes a serem considerados caso haja a intenção de implementar um canteiro experimental dentro da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo:

1. A coerência de vincular o canteiro experimental ao projeto didático pedagógico do curso.
2. A necessidade do local escolhido para essa atividade, considerando todas suas implicações: descarga de material, geração de entulhos, etc. (não pode ser um cantinho que sobrou no jardim da lanchonete).
3. A obrigação de um projeto considerando a instalação de equipamentos básicos e a possível base para o atendimento de necessidades especiais, sem vincular os equipamentos e ferramentas a uma única técnica construtiva.

4. Considerar a implantação de oficinas de apoio como imprescindíveis para a operação do canteiro experimental, valorizando sua versatilidade.
5. Um dimensionamento espacial coerente com o universo de estudantes do curso.
6. Prever e implantar procedimentos visando à segurança dos usuários.
7. Existência de previsão orçamentária para manutenção do espaço, independente de recursos provenientes de financiamentos para pesquisas. (RONCONI, 2010)

No próximo capítulo foram apresentadas algumas obras análogas apresentando a utilização do bambu como material estrutural. A partir das referências estudadas, o presente trabalho propôs, no Capítulo 9, o projeto arquitetônico do canteiro experimental para o curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto no Campus Morro do Cruzeiro na Cidade de Ouro Preto em Minas Gerais. A ideia é de que o canteiro, possa atender, também, às demandas de outros cursos, se necessário.

5 Obras Análogas

O bambu, como já citado, é utilizado em larga escala nos países asiáticos. São neles que se encontram os maiores exemplares da aplicação do material na construção civil bem como técnicas milenares do seu uso que é versátil podendo contemplar desde residências a equipamentos públicos. Um exemplar de equipamento público em bambu, já citado anteriormente, é uma ponte (Figura 13) na cidade de Solo em Java Central, na Indonésia.



Figura 13: Ponte na cidade de Solo em Java Central.

Fonte: Souza, 2017.

A ponte, liga os dois extremos do rio Kali Pepe (Figura 14) com 18 metros de vão e largura variável entre 1,8 e 2,3 metros. Sua execução foi em etapas, demandando grande trabalho manual dos carpinteiros da região. Os arcos são grandes troncos de bambu e foram previamente montados no chão (Figura 15) com o uso de parafusos galvanizados. A fim de prolongar a vida útil da ponte, o piso foi construído em concreto e, após serem erguidos, os arcos receberam estruturas verticais auxiliares para a sustentação da cobertura com beirais que protegem o material.



Figura 14: Ponte sobre o rio Kali Pepe.

Fonte: Souza. 2017.



Figura 15: Arcos sendo montados no chão.

Fonte: Souza. 2017.

O exemplo asiático aliado a necessidade de se adotar novos meios menos agressivos ao ambiente favoreceram o uso do bambu em outros países. Na Colômbia, o arquiteto Simon Velez faz uso amplamente da arquitetura em bambu. Juntamente com sua equipe, o arquiteto desenvolveu técnicas inovadoras e criou formas singulares com aplicação da espécie *Guadua*, a espécie mais estudada e utilizada por ele.

Velez não se restringiu ao território colombiano, projetando para mais de 11 países distintos. Suas obras contemplam os mais variados usos e pode-se destacar a

Catedral de Pereira (Figura16), na Colômbia, o Nomadic Museum Zócalo na Cidade do México (Figura 17), uma pousada de ecoturismo nas montanhas de Nankun, China (Figura 18), e o Pavilhão ZERI para a EXPO 2000, em Hannover, na Alemanha (Figura 19).



Figura 16: Catedral de Pereira.
Fonte: Simon Vélez, 2017.



Figura17: Nomadic Museum Zócalo na Cidade do México.
Fonte: Simon Vélez, 2017.



Figura 18: Pousada de ecoturismo nas montanhas de Nankun, China.
Fonte: Simon Vélez, 2017.



Figura 19: o Pavilhão ZERI para a EXPO 2000, na Alemanha.
Fonte: Simon Vélez, 2017.

No Brasil, Velez projetou em parceria com a empresa Bambu Jungle algumas obras do Hotel do Frade e Golf Resort localizados em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro. Para a execução das obras foi necessário que Velez e sua equipe capacitassem os trabalhadores, já que no país as técnicas de construção e bambu são pouco difundidas. Dentre as obras estão o restaurante (Figura 20), a recepção de um hotel e uma casa (Figura 21).



Figura 20: Restaurante do Hotel do Frade.
Fonte: Marquez, 2007.



Figura 21: Casa no condomínio do Frade.
Fonte: Marquez, 2007.

A recepção do hotel (Figura 22) é a obra mais expressiva quanto ao uso das técnicas difundidas por Velez. Os pilares são compostos por grandes colmos de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*. Suas ligações são parafusadas e, para garantir maior estabilidade, os colmos são preenchidos com concreto nos entrenós. Esta é uma técnica criada pelo arquiteto e, por isso, já é conhecida como “Tipo Velez”. Em algumas partes da obra também foram utilizadas barras de aço no interior dos colmos a fim de melhorar as ligações entre peças principalmente entre pilares e fundações.



Figura 22: Recepção do Hotel do Frade.
Fonte: Marquez, 2007.

Como forma de proteger as peças da chuva foi previsto um beiral sustentado pelos pilares externos inclinados. Os pilares internos (Figura 23) também possuem inclinação que segue a direção das cargas atuantes provenientes da cobertura.



Figura 23: Recepção do Hotel do Frade-1.
Fonte: Marquez, 2007.

Ainda no Brasil, outra obra análoga e mais próxima do projeto proposto neste trabalho é o anfiteatro da Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro – PUC Rio (Figura 24). Desenvolvido pela Bambutec, empresa de arquitetura e design de estruturas voltada para o uso de materiais naturais, o anfiteatro Prof. Junito Brandão possui 200m² de área cobertos por uma cúpula desenhada pelo arquiteto Carlos Pingarilho.



Figura 24: Anfiteatro da PUC-Rio.
Fonte: Bambutec, 2019.

Segundo o site da empresa, a cúpula é formada por bambus autoportantes tratados, arcos de flexão e cascas treliçadas pantográficas sobrepostas que, durante a montagem, são submetidas a deformações elásticas (Figura 25). A forma final favorece a acústica necessária para o bom desempenho do anfiteatro. Na cobertura, o material empregado foram as lonas acrílicas tensionadas que protegem a estrutura do sol e chuva tropicais.



Figura 25: Montagem do anfiteatro da PUC-RIO.
Fonte: Bambutec.

6 ESTUDO DE CASO: CANTEIRO EXPERIMENTAL DA FAUUSP

O canteiro experimental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP foi fundado em 1998 e leva o nome de “Antônio Domingos Battaglia”, um dos seus idealizadores. A proposta do canteiro surgiu em 1992 quando o Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo incluiu a prática construtiva no grupo de disciplinas de construção, segundo o site da instituição.

Com uma área de 3.000 m², sendo 380m² cobertos, o canteiro está implantado estrategicamente próximo às instalações do Laboratório de Modelos e Ensaios – LAME que serve de apoio ao seu funcionamento por possuir uma oficina ampla e corpo técnico especializado (RONCONI, 2005).

No LAME, as oficinas permitem o trabalho com madeira, metal, tintas e resinas. No próprio canteiro foram instalados alguns equipamentos como betoneiras, mesa vibradora, triturador de entulhos e tanques para cura submersa. A diversidade de equipamentos torna possível o trabalho com vários materiais evitando que o canteiro seja atrelado a uma só técnica ou material.

A área sob a cobertura conta com iluminação, pontos de fornecimento de energia e de água e duas bancadas fixas para apoio geral. Ainda sob a cobertura são armazenados alguns materiais e trabalhos já concluídos como pode ser visto na Figura 26.



Figura 26: Área sob a cobertura do canteiro da FAUUSP.
Fonte: Autoria Própria.

Em visita ao local, foi possível notar a diversidade de trabalhos realizados pelos alunos e a variedade de técnicas empregadas. Assim, o canteiro cumpre seu papel experimental como espaço de estímulo à criatividade e emprego dos materiais de forma não convencional, atingindo formas diferenciadas como visto nas Figuras 27, 28, 29 e 30.



Figura 27: Arco no canteiro da FAUUSP.
Fonte: Autoria própria.



Figura 28: Formas diferenciadas no canteiro da FAUUSP.
Fonte: Autoria própria.



Figura 29: Formas diferenciadas no canteiro da FAUUSP -1.
Fonte: Autoria própria.



Figura 30: Maquete física em cerâmica.
Fonte: Autoria própria.

Ainda nas estruturas dentro do canteiro é possível perceber o caráter experimental dos materiais e técnicas empregados como é o caso da membrana tensionada utilizada na cobertura que se assemelha a uma tenda (Figura 31).



Figura 31: Cobertura do canteiro da FAUUSP.

Fonte: Autoria própria.

Além da cobertura com forma e materiais pouco usuais, se comparados a outros como alvenaria de tijolos ou telhas cerâmicas, o canteiro possui uma sala de maquetes (Figura 32) com cobertura curva e telhado verde exibindo, mais uma vez, técnicas pouco empregadas nas construções brasileiras.



Figura 32: Sala de maquetes do canteiro da FAUUSP.

Fonte: Autoria própria.

O canteiro experimental da FAUUSP tem atividades vinculadas às disciplinas do curso e também serve de apoio à alunos do mestrado, doutorado, pós e iniciação científica. Segundo Ronconi, 2005, o uso do canteiro por diferentes grupos de estudo é fundamental para difundir a sua contribuição dentro da universidade. Os alunos aprendem de forma prática métodos de construção que, muitas vezes na teoria não são compreendidos como pode ser visto na Figura 33.



Figura 33: Execução de cúpula em arcos catenários. Referência: arquiteto Vitor Lotufo.
Fonte: Ronconi, 2005.

7 ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DO BAMBU

O capítulo seguinte apresenta um breve histórico sobre a área a ser estudada e um estudo de Viabilidade sobre o potencial da região para a produção do bambu.

7.1 A CIDADE DE OURO PRETO - HISTÓRICO

Em 1698 foi descoberta a existência de ouro ao redor do Rio das Velhas. Tal acontecimento gerou o início do povoamento da região com a chegada de exploradores do minério. Os arraiais começaram a ocupar partes mais baixas, às margens do rio, com habitações precárias enquanto, no alto dos morros, foram erguidas as igrejas ornamentadas, (CASTRO, 2006).

A Vila Rica foi fundada em 1711 através da junção dos arraiais e, em 1720 foi capital da capitania de Minas Gerais. Em 1823, foi elevada oficialmente como capital da Província de Minas Gerais passando a se chamar Ouro Preto. Tal acontecimento gerou o desenvolvimento de núcleos urbanos com a abertura de arruamentos e aumento da densidade populacional. Todo o crescimento e desenvolvimento da cidade estava ligado ao sucesso do garimpo.

Ainda enquanto capital, recebeu instituições importantes como a Escola de Farmácia (1839) e a Escola de Minas (1876) além de ter sido sede da Inconfidência Mineira. Em 1897 deixou de ser capital e, em 1933 foi elevada a Patrimônio Nacional sendo tombada, cinco anos mais tarde, pelo IPHAN. A UNESCO também reconheceu seu valor histórico e cultural declarando Ouro Preto como Patrimônio Cultural da Humanidade em 1980, (CASTRO, 2006).

A mudança da capital para Belo Horizonte, em 1897, gerou um esvaziamento político e econômico em Ouro Preto. A decadência na exploração do ouro também foi responsável pela crise econômica e estagnação no crescimento e expansão da cidade tendo como consequência o despovoamento em regiões periféricas antes habitadas por mineradores e seus familiares.

A recuperação da cidade só foi iniciada por volta de 1934, com a implantação da Indústria Eletroquímica Brasileira S/A posteriormente denominada ALCAN e NOVELIS. A indústria possibilitou a melhoria econômica, contribuiu para a ocupação urbana e estimulou o desenvolvimento da cidade. A chegada da indústria aliada ao turismo e a expansão dos núcleos acadêmicos resultou em uma ocupação desordenada incluindo as regiões de encostas e antes mineradas (Castro, 2006).

A questão da ocupação caótica, insegura e irregular prevalece até os dias atuais e tais fatores aliados as condições morfológicas e geotécnicas de Ouro Preto formam um cenário altamente vulnerável a processos de deslizamentos pondo em risco a vida da população e o patrimônio histórico, (CASTRO, 2006).

Considerando o crescimento urbano, nota-se que o mesmo é crescente em todo histórico do desenvolvimento territorial, excetuando apenas o período citado de perda do título de Capital do Estado. Logo, a demanda por construção civil nos seus mais diversos aspectos e tipologias é progressiva.

7.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

O município de Ouro Preto está geograficamente inserido no Quadrilátero Ferrífero, na região central de Minas Gerais, Brasil (Figura 34). Sua população, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), era de 70.281 pessoas em 2010 e a estimativa para 2017 era de 74.659 pessoas. A área da unidade territorial, analisada pelo mesmo Instituto em 2016, era de 1.245,865 Km² e os municípios limítrofes são: Itabirito, Santa Bárbara, Ouro Branco, Catas Altas da Noruega, Piranga, Itaverava, Mariana, Belo Vale e Congonhas (Castro, 2006).

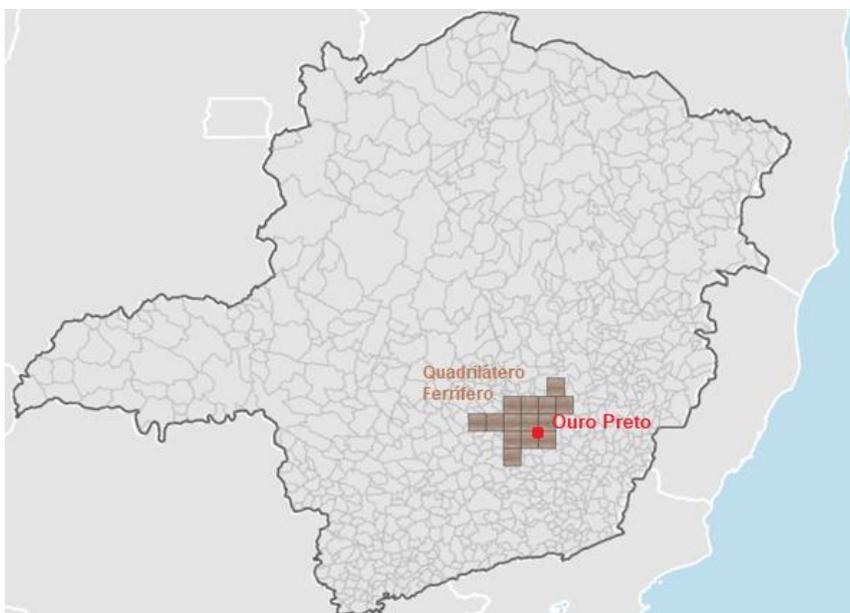


Figura 34: Mapa do Estado de Minas Gerais Adaptado.
Fonte: Portal da Geologia, 2018.

Entre a Serra de Ouro Preto ao norte e a Serra do Itacolomi ao sul, a cidade de Ouro Preto se desenvolveu em região de vale (Sobreira e Fonseca, 2001). Sua topografia é acidentada (Figura 35), caracterizada por diversos níveis altimétricos que variam entre 800 e mais de 1700m.

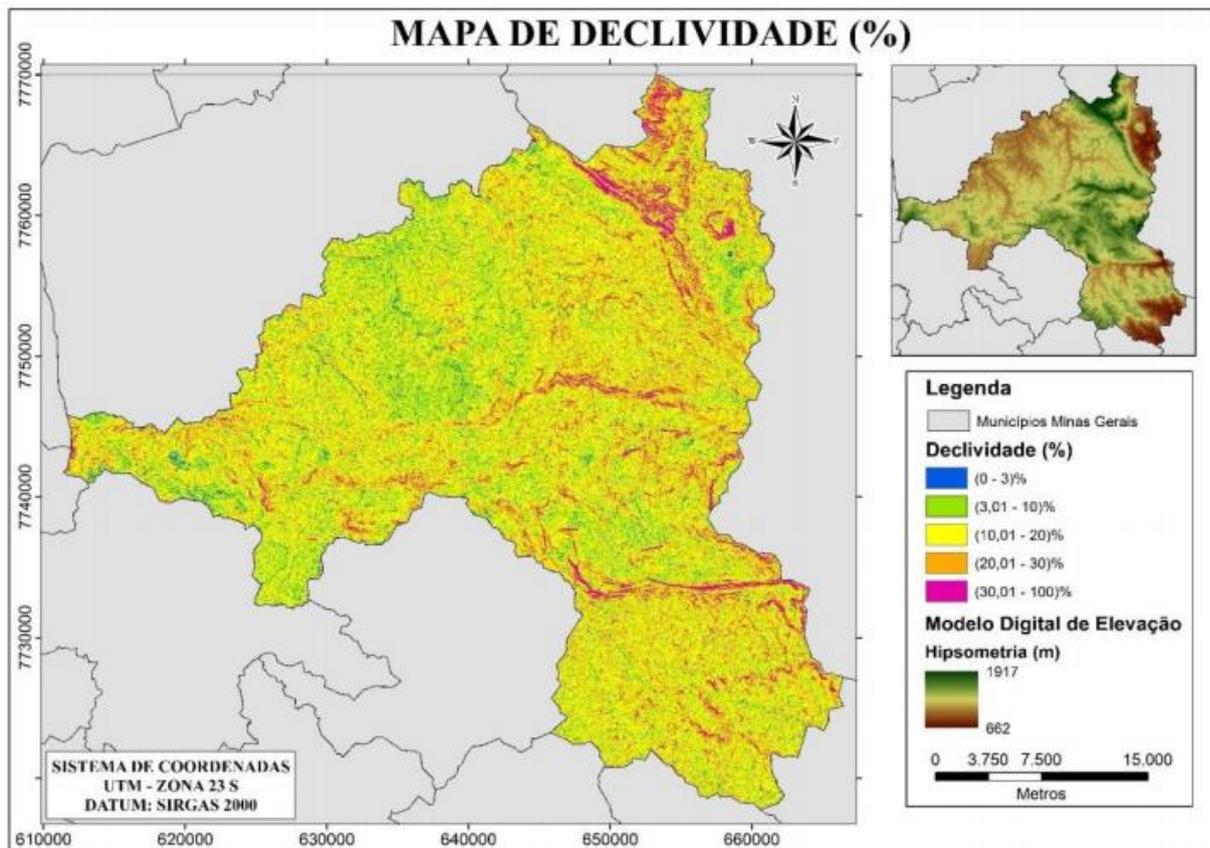


Figura 35: Mapa de declividade da cidade de Ouro Preto.
Fonte: Pampolini (2015)

De acordo com o Mapa do Solo do Estado de Minas Gerais (Figura 36), Ouro Preto possui três tipos principais de solo: latossolo vermelho-amarelo distrófico, neossolo litólico distrófico e cambissolo hapálico tb distrófico.

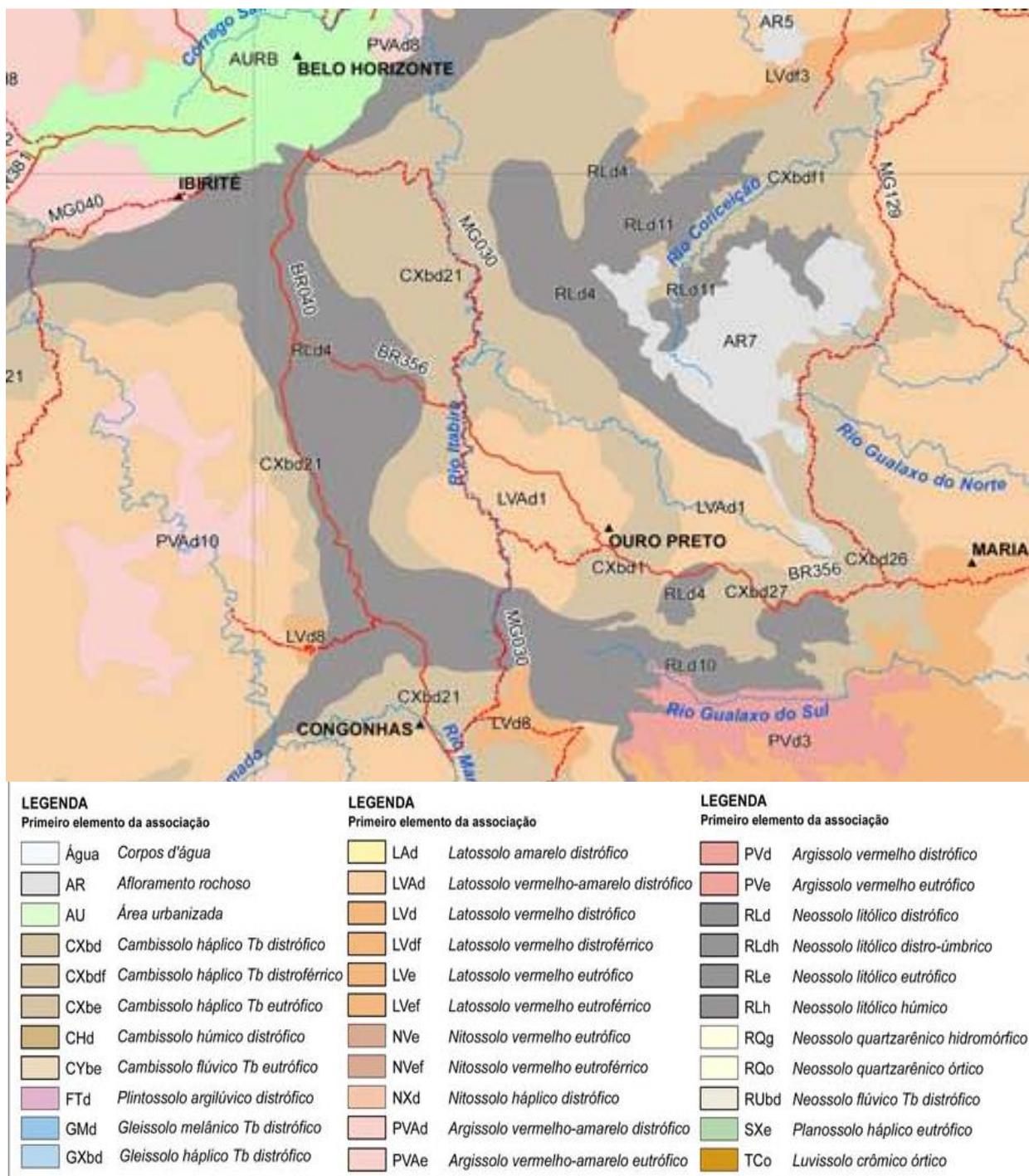


Figura 36: Mapa Do Solo de Minas Gerais – Recorte. Fonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

Segundo a Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC, o latossolo vermelho-amarelo é característico de locais bem drenados, com relevo plano, suave ondulado ou ondulado. O neossolo litólico é característico de relevos com maior declividade e possui pouca profundidade (cerca de 50cm sobre a rocha). Por isso, compromete o crescimento radicular, o uso de maquinários e aumenta os riscos de erosão. Por fim, o cambissolo hapálico também é encontrado em relevos

forte ondulados ou montanhosos, possui pouca profundidade e presença de pedras em sua massa. O fato dos solos presentes em Ouro Preto serem ditos distróficos significa que eles apresentam baixa fertilidade.

O clima ouro-pretano possui características do tipo tropical de altitude. A média anual da temperatura é de 18,5°C e da pluviosidade 1610,1 mm. Considerando-se o mês mais quente como sendo janeiro e o mais frio, julho. As temperaturas mais altas ocorrem no verão (*Gráfico 2*), justamente quando se registra os maiores índices pluviométricos. Já as temperaturas mais baixas ocorrem no inverno, quando os níveis de chuva caem e o ambiente fica mais seco (Castro, 2006).

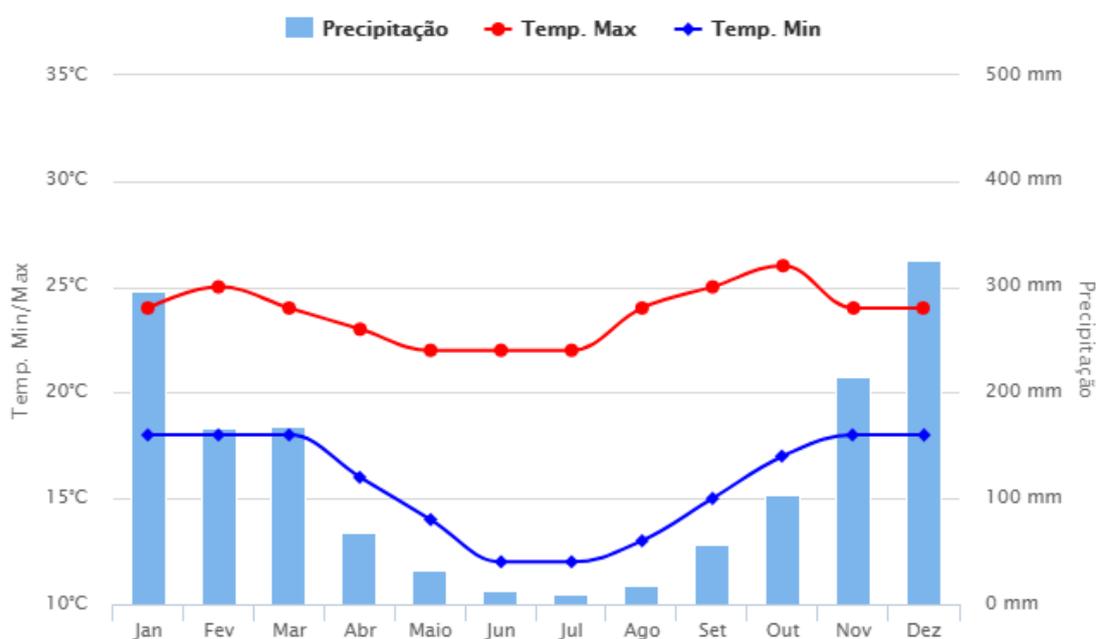


Gráfico 2- Variações de precipitação e temperatura ao longo do ano em Ouro Preto

Fonte: Climatempo, 2018.

7.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PLANTIO DO BAMBU EM OURO PRETO

Como dito anteriormente, no geral, o bambu se adapta bem a diferentes condições climáticas e de solo. Mas, comparando às condições ideais para que o bambu se desenvolva naturalmente com as condições de solo e clima presentes em Ouro Preto é possível concluir que é viável sua produção, mas, não de forma sustentável.

Resumidamente, as condições ideais para a produção do bambu, independente da espécie são:

- . Solo fértil, drenado, com PH entre 5 e 6,5;

- . índice pluviométrico acima de 1000 mm anuais;
- . terrenos com baixa inclinação e;
- . plantio em terrenos com lençol freático baixo.

Dentre os parâmetros ideais citados, características como os índices pluviométricos (1610 mm anuais) e o clima são favoráveis à produção, mas o relevo acidentado presente em grande parte da região torna difícil o cultivo e manejo do bambu. Porém, existem alguns pontos onde a declividade não é tão acentuada, principalmente nos distritos e vales. Ainda assim, os solos em Ouro Preto são classificados como distróficos possuindo baixa fertilidade necessitando de adubação.

Deste modo, considerando a topografia e as características geológicas da cidade, dificilmente se alcançaria uma produção de bambu sustentável, o que não descarta o bambu como sendo uma alternativa interessante de material de construção, considerando suas propriedades anteriormente citadas.

A baixa fertilidade do solo, característica geral encontrada na cidade, pode ser resolvida ou minimizada com a utilização de adubação orgânica, contribuindo ainda para a redução de resíduos descartados.

7.4 LOCAL PARA O CULTIVO DO BAMBU EM OURO PRETO

Como anteriormente exposto, a partir de levantamentos e estudos das características locais, verificou-se que Ouro Preto não é uma região favorável a produção natural do bambu por dois fatores principais: a presença de terrenos íngremes e a baixa fertilidade do solo.

Um levantamento junto à Secretaria Municipal de Agropecuária – SEMAG demonstrou que os solos desta região são ácidos e precisam de análise específica que pode ser realizada em laboratórios de solos (Ex. IMA-Instituto Mineiro de Agropecuária - Unidade CEASA). A partir desta, a correção poderá ocorrer através do uso de calcário dolomítico e adubação, sempre após a recomendação de um agrônomo.

Quanto à declividade dos terrenos, a informação recebida pelo profissional agrônomo do município foi que este é um parâmetro que não alterará a produção. Contudo, apesar de dificultar o manejo, podem ser encontrados em diversos distritos de Ouro Preto tanto terrenos acidentados como planos. Portanto, para que ocorra o

plântio do bambu em Ouro Preto será necessário o mapeamento dos locais disponíveis e análise da viabilidade do uso dos mesmos para tal fim.

8 O TRABALHO EXPERIMENTAL COMO MEIO DE DESCOBERTA DOS POTENCIAIS CONSTRUTIVOS DO BAMBU

O bambu já teve seu potencial construtivo atestado em várias partes do mundo. No entanto, no Brasil, embora haja grande variedade de espécies e condições muitas vezes favoráveis ao seu cultivo ainda é pouco explorado. Este trabalho tem como proposta não somente expor o bambu como possível material construtivo, mas também expor a necessidade de conhecê-lo.

Em Ouro Preto, a existência da Universidade e do curso de Arquitetura e Urbanismo tornaria possível esse conhecimento necessário para a formação do arquiteto. A prática dá maior liberdade de criação e expõe quais são as reais possibilidades e limitações dos materiais como um todo.

Caso fosse comprovada a possibilidade de cultivo do bambu em Ouro Preto, seria fundamental que houvesse um local de estudos deste bambu produzido para que se ampliasse o leque de possibilidades de uso do material. A Universidade, por meio do Curso de Arquitetura poderia ser o local ideal para que ocorressem esses estudos se houvesse, além dos laboratórios já existentes, um canteiro experimental onde os alunos tivessem a oportunidade de trabalhar com o bambu e outros materiais de forma prática e criativa.

A partir dos pontos levantados, surge como proposta a inserção de um canteiro experimental na Universidade Federal de Ouro Preto para o curso de Arquitetura e Urbanismo, podendo atender a outros cursos, quando necessário. A existência do canteiro poderia dar suporte à produção do bambu. Mas, ainda que não haja a produção, o canteiro continua sendo viável e necessária para o curso.

9 O PROJETO ARQUITETÔNICO

O presente capítulo apresenta as características necessárias ao desenvolvimento do projeto, bem como a proposta do Canteiro Experimental, utilizando o bambu como material estrutural, incentivando sua utilização na região. Os desenhos técnicos referentes ao projeto autoral para o canteiro estão apresentados no APÊNDICE A deste caderno.

9.1 IMPLANTAÇÃO

De maneira estratégica, a fim de facilitar o acesso dos alunos ao canteiro, o projeto deveria ser implantado próximo às salas de aula do curso de Arquitetura e Urbanismo. Neste caso, próximo ao prédio da Escola de Minas - EM da Universidade Federal de Ouro Preto no campus Morro do Cruzeiro. Porém, como se vê pelo mapa do campus (Figura 37) os espaços livres ao redor da EM já estão construídos ou reservados para edifícios a construir.

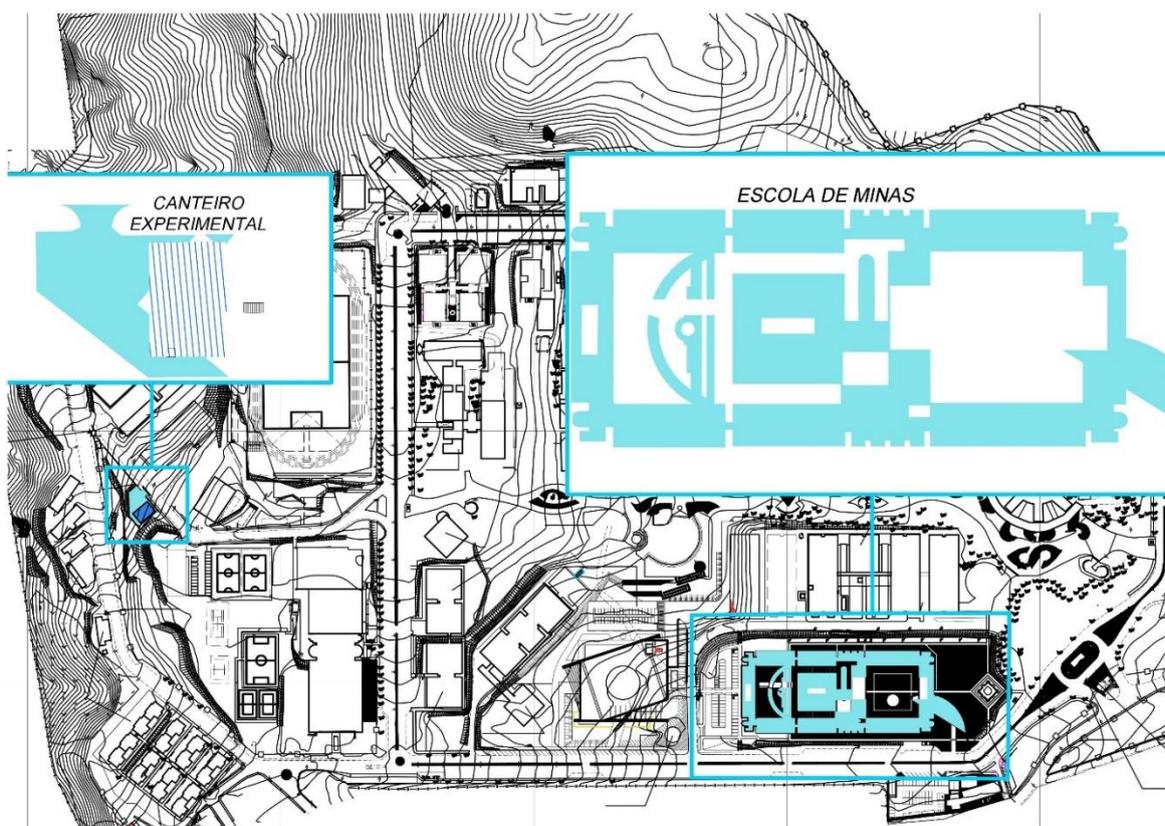


Figura 37: Mapa do Campus Adaptado – sem escala.
Fonte: Prefeitura do Campus, 2018.

Durante a pesquisa descobriu-se, porém, que já existe o projeto para o canteiro experimental para o curso. Segundo Edmundo Gonçalves, arquiteto chefe da divisão de projetos da Prefeitura do Campus – PRECAM, por questões administrativas e financeiras sua construção ainda não foi iniciada. O local de implantação deste projeto fica na Rua Quatorze, a aproximadamente 850 m da EM. A opção de não trabalhar com o projeto atual é a de que o espaço poderia ser melhor aproveitado em uma nova proposta, de acordo com sua localização/ implantação e com o uso de materiais alternativos – como o bambu – colocando, assim, em prática as questões abordadas no estudo.

Considerando a impossibilidade de implantação do canteiro próximo à EM devido à falta de área livre e à existência de um local já destinado ao mesmo, fica estabelecida para a elaboração deste trabalho a mesma localização destinada ao Canteiro, sendo esta prevista para o projeto já elaborado pela PRECAM, exposto no ANEXO A, neste caderno. A área total do terreno é de 442,4m².

9.2 PROGRAMA DE NECESSIDADES

Conforme anteriormente exposto, não existe programa específico para um canteiro experimental, mas algumas definições básicas necessárias. A partir de algumas diretrizes apresentadas pela ABEA e, também a partir de estudos e levantamentos canteiros já existentes, como é o caso do Canteiro Experimental da USP, e em conjunto com o programa definido para o canteiro para a UFOP, foram apresentadas as necessidades para a elaboração do mesmo.

No caso do canteiro para a UFOP em especial, por ter seu local de implantação distante do prédio onde ocorrem as aulas de arquitetura, previu-se a necessidade de uma sala de aula para que as atividades práticas possam ser realizadas com o suporte teórico sem que o raciocínio seja interrompido ou até mesmo sem que o tempo seja perdido ao fazer o percurso de mudança de prédios.

O espaço destinado a possíveis aulas está vinculado à área da marcenaria e terá capacidade para trinta e seis alunos, podendo ser ampliada – se necessário – em função do espaço existente.

Além disto, para a proposta, foram previstos:

- Laboratório com capacidade para 3 alunos, para o desenvolvimento de Projetos de Pesquisa e Extensão, Mestrado ou Doutorado;

- Sanitários masculino e feminino acessíveis;
- Copa;
- Área de desenvolvimento e produção coberta (que contempla espaço de sala de aula) onde poderão ser desenvolvidos trabalhos de marcenaria – com a utilização dos equipamentos previstos – e outros;
- Sala do técnico responsável pelo controle e manutenção do espaço;
- Depósito para recebimento de materiais;
- Pátio descoberto, para desenvolvimento de experiências e trabalhos externos no Canteiro;
- Terreno natural, para uso em experiências.
- Além disto, a proposta é trabalhar um bambuzal nos taludes, para garantir maior estabilidade e, ao mesmo tempo para manutenção dos estudos relacionados às práticas

9.3 PROPOSTA ESTRUTURAL

O projeto foi desenvolvido pensando em três áreas de concentração: uma primeira abrangendo a parte de produção do canteiro, composta pela área da marcenaria/sala de aula, sala do técnico e depósito. A segunda, concentrando o apoio ao canteiro, contendo banheiros, copa e laboratório de pesquisa e extensão. E uma terceira externa, descoberta, para atendimento às demais demandas e experiências do canteiro.

A proposta de aplicação do bambu como elemento estrutural foi aplicada a esta primeira área, pois concentra a “área prática” da utilização do espaço. O projeto foi pensado de modo a preservar o campo visual da área de implantação, posicionando a sala de aula de forma a atender tanto à área interna – quando da utilização dos equipamentos e instrumentos do canteiro – como a área externa, quando forem executadas aulas práticas. Além disto, tem comunicação direta com a sala do técnico, que poderá auxiliar e controlar – quando necessário – o uso dos instrumentos e maquinários. A sala do técnico e depósito podem ser fechadas independente das demais áreas, quando necessário, para preservação dos equipamentos e materiais armazenados. A marcenaria possui, ainda, acesso direto ao apoio (área de banheiros, copa e pesquisa). Nesse, definido como a segunda área, a ideia foi padronizar os materiais e trabalhar a edificação como um bloco, para que servisse de apoio à

infraestrutura necessária (caixas d'água, instalações elétricas e outros) e que pudesse ser fechado quando necessário, por questões de segurança.

Inicialmente surgiram duas principais ideias para a proposta da estrutura para a cobertura da área pratica: uma utilizando bambus e tirantes metálicos e uma utilizando somente bambus. Foi feita uma maquete física ilustrando as duas possibilidades (Figura 38). A partir da própria maquete foi possível notar que com o uso somente do bambu a estrutura ficou mais firme e estável. Já o uso dos tirantes deixou a estrutura mais instável. Embora a maquete física tenha sido apenas um estudo preliminar, optou-se por utilizar somente os bambus pelos resultados mais satisfatórios.



Figura 38: Maquete física para proposta estrutural.
Fonte: Autoria Própria, 2019.

A proposta foi pensada considerando o uso do bambu *Guadua Angustifolia* como material principal, já que seu comprimento pode atingir mais de 27 metros e isso favorece sua aplicação na construção civil sem que haja a necessidade de muitas emendas. Na parte frontal, o bambu é fixado à uma base de 50 centímetros em concreto a fim de isolar o material da umidade e, ao mesmo tempo garantir maior estabilidade. Além do uso do bambu na vertical, que cumpre a função dos pilares, também foram usados bambus nas diagonais para garantir maior travamento e maior elegância à fachada.

Na parte posterior, os pilares de bambu foram fixados em bases de concreto mais altas, 1,2 metros, para que fosse alcançada uma altura livre maior sob a cobertura. A união da fachada frontal e posterior é feita a partir de varas de bambu levemente curvadas e fixadas nas extremidades por amarrações em cordas e por ligações parafusadas. Como meio de maior travamento e estabilidade da estrutura,

foram aplicadas seis sequencias de vigas também em bambu amarradas sobre o arco, conforme a Figura 39 abaixo.

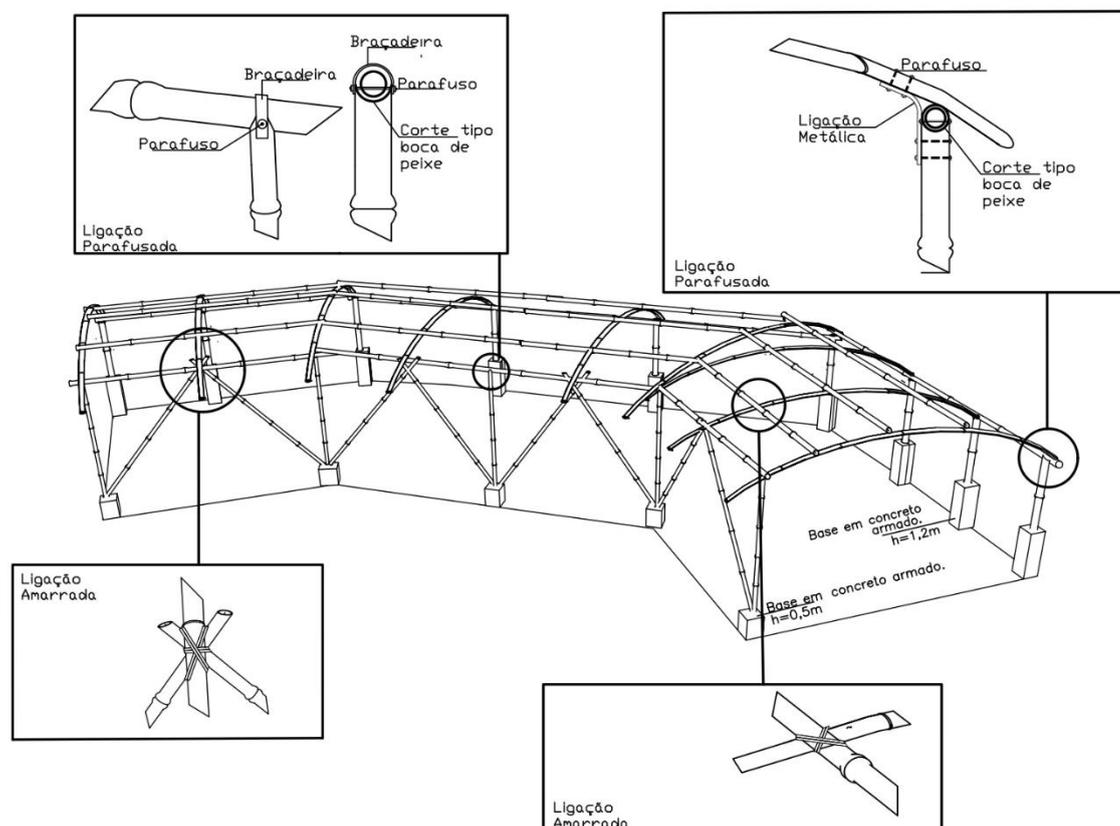


Figura 39: Desenho esquemático da estrutura em bambu.
Fonte: Autoria própria, 2019.

9.4 ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO

Em Ouro Preto, os ventos predominantes correm do sudeste para noroeste, (MAGALHÃES, 2005). Assim, não atingem diretamente a estrutura em bambu e sim a área de suporte onde fica o laboratório, copa e banheiros que foi pensada utilizando alvenaria convencional e funciona, portanto, como uma barreira para o vento. O fato da área prática, onde a estrutura é em bambu, não receber ventilação direta favorece a ideia de manter a área livre, sem fechamentos permanentes que impeçam a integração com as outras áreas.

Quanto à insolação, pela manhã o sol atinge a parte frontal da área de suporte e da área prática onde a estrutura de bambu esta presente e não recebe nenhum

fechamento permanente. Uma alternativa encontrada para bloquear a incidência solar e também para isolar a área em casos específicos como, por exemplo, a ocorrência de aulas foi a inserção de toldos retráteis fixados em pórticos de madeira.

Pela tarde o sol atinge a parte posterior da estrutura até se por. Nessa área o fechamento se dá somente por uma sequência de amarrações de bambu que permite a visão privilegiada do sol se pondo entre as montanhas. Porém, alguns desses vãos recebem uma tela tensionada a fim de barrar um pouco da incidência de luz, sem comprometer a ventilação e a visão.

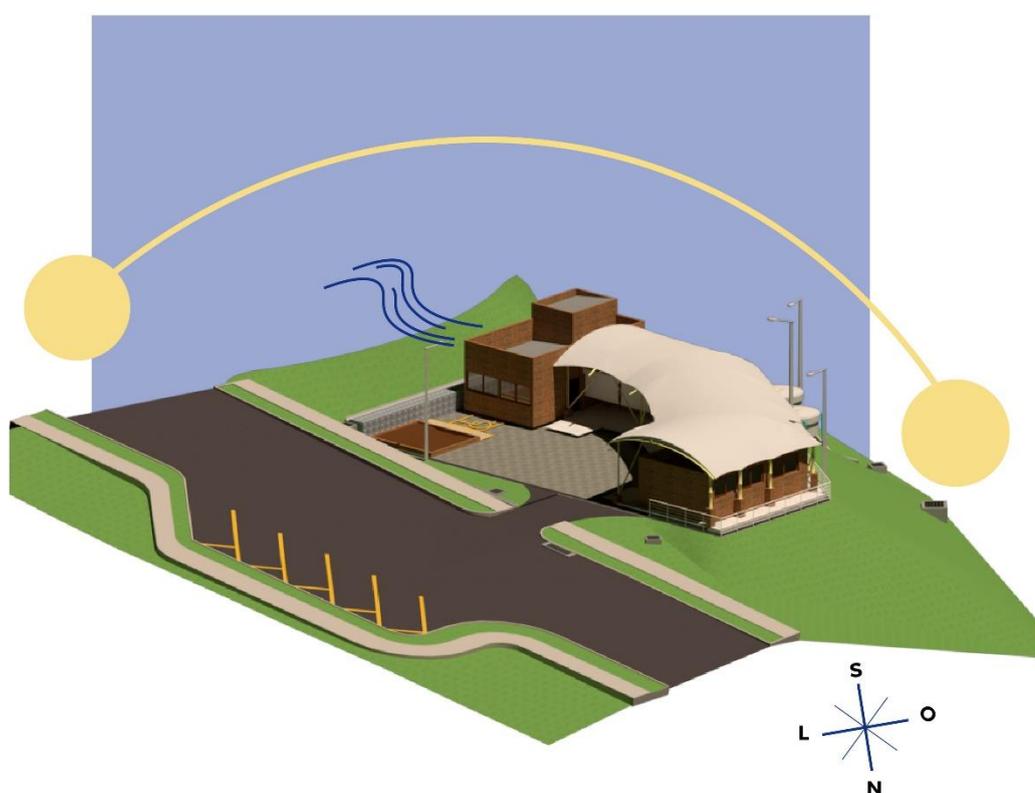


Figura 40: Esquema da iluminação e ventilação. Fonte: Autoria própria, 2019

9.5 COBERTURA

Para a cobertura da área de suporte, o projeto prevê o uso das telhas de fibrocimento. A área do depósito e sala do técnico, embora tenham materiais de fechamento iguais aos da área de suporte, não recebe o telhado em fibrocimento pois a estrutura da cobertura em bambu se estende até eles. Assim, o depósito e sala do

técnico não recebem nem mesmo forro a fim de garantir uma altura útil maior que pode ser necessária para o manuseio de peças longas.

O material escolhido para cobrir a estrutura em bambu foi a membrana tensionada tendo como referência a cobertura do canteiro experimental da FAUUSP e também a cobertura do anfiteatro da PUC-RIO que utilizam o mesmo material e provam de fato sua viabilidade.

As membranas são compostas por materiais têxteis revestidos e sua resistência está essencialmente ligada às suas fibras. O tecido é revestido por uma resina polímera que garante a impermeabilidade e a resistência contra agentes externos como insolação, chuva e humidade (Moreira, 2009).

O uso das membranas tensionadas ainda é baixo, mas, tem crescido e a tendência é que se tornem cada vez maiores e mais sofisticadas. É crescente o interesse por aplica-las, porém, ainda são consideradas estruturas especiais, ou seja, novas tecnologias que ainda não possuem muitos especialistas na sua área de atuação (MOREIRA, 2009). Assim, pode se dizer que as membranas ainda possuem caráter experimental e, por isso, se justifica ainda mais a sua aplicação na cobertura do canteiro experimental como forma de explorar e exibir a técnica dentro do meio universitário.

9.6 PLANTAÇÃO DE BAMBU NOS TALUDES

A bioengenharia de solos consiste no uso de vegetação juntamente com outros materiais como rochas, concretos e ligas metálicas para fins de estabilização do solo. Diversas plantas, com destaque para as gramíneas, são empregadas pela bioengenharia nas técnicas de prevenção à erosão, (CLAYTON-BARBOSA, 2012).

A cobertura vegetal é um elemento importante para o controle de processos erosivos. A presença das folhas nas árvores amortecem a chegada da água da chuva até o solo permitindo que ela vá se infiltrando aos poucos até atingir os lençóis. Mesmo as folhagens já depositadas no chão contribuem para que o processo de infiltração ocorra e evitam o escoamento rápido que favorece o surgimento da erosão (CLAYTON-BARBOSA, 2012).

O bambu é uma gramínea de rápido crescimento. Por isso, foi escolhido para um estudo na Serra da Mantiqueira, na cidade de Pindamonhangaba onde uma adutora se rompeu causando danos ao solo e vegetação locais. Foram plantadas

quatro barreiras de bambu da espécie *Bambusa multiplex* como meio de desviar as águas e restaurar a vegetação. Como resultado, as barreiras atingiram as expectativas do estudo favorecendo o escoamento correto das águas superficiais e estabilizando as erosões provocadas pelo rompimento da adutora. Assim, ficou comprovado que a plantação de bambu pode ser considerada um método de contenção de erosões (CLAYTON-BARBOSA, 2012).

Tendo em vista os potenciais do bambu na contenção dos processos de erosão propõe-se o plantio da espécie *Bambusa multiplex* nos taludes que circundam o terreno de implantação do canteiro experimental. Tal ação, além de reforçar a segurança do talude também serve de fonte para extração de bambu para casos em que ocorram estudos dentro do canteiro. Além disso, fica exemplificada mais uma das potencialidades do material ainda pouco explorado.

9.7 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

A proposta foi desenvolvida seguindo o Programa de Necessidades estabelecido. A seguir são apresentadas imagens da maquete eletrônica desenvolvida para o projeto.



Figura 41: Maquete eletrônica 1. Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 42: Maquete eletrônica 2. Fonte: Autoria própria, 2019.

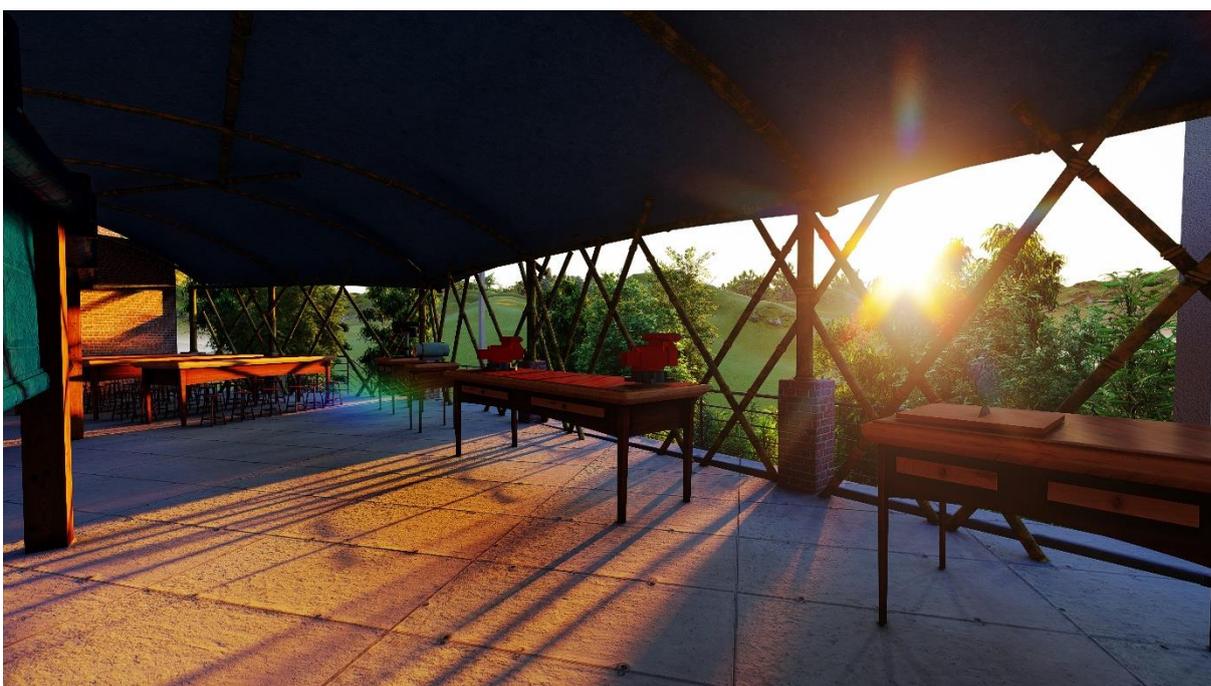


Figura 43: Maquete eletrônica 3. Fonte: Autoria própria, 2019.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de toda exposição e argumentação em tela, considera-se que a exploração do bambu enquanto sistema construtivo é viável, ainda que sua produção possa não ser sustentável em sua totalidade.

Com o crescimento do mercado da construção civil inversamente proporcional a resolução dos problemas ambientais no País, torna-se cada vez mais necessário a pesquisa e documentação de materiais e sistemas menos agressivos ao meio ambiente que possam ser explorados neste setor.

Especificamente em Ouro Preto tem-se notoriamente a identificação do seu constante crescimento urbano com conseqüente produção material do espaço. Como cidade de relevância mundial, as experiências aqui desenvolvidas tornam-se exemplos para aplicação em outras localidades. As construções com bambu aqui produzidas poderiam inspirar novos ensaios aprimorando e difundindo a técnica.

A versatilidade do bambu e a diversidade de espécies existentes, com suas respectivas particularidades de utilização, torna o material possível de aplicação nas mais diversas estruturas e componentes das edificações, em diferentes graus e notoriedades. Além disso, os tratamentos existentes atualmente convertem os possíveis danos do material.

A Universidade surgiu como uma possibilidade de local de aplicação prática do bambu como material construtivo, já que é um ambiente propício a novos estudos e possibilidades. Para isso, será necessário que haja equipamentos dentro da Instituição que deem suporte ao estudo. Um destes equipamentos é o canteiro experimental que possibilita a exploração do material de forma criativa e prática como meio de descobrir suas potencialidades e restrições.

A importância do canteiro experimental abrange desde a formação do arquiteto de forma completa, libertando o estudante do pensamento teórico alienado e inserindo a atividade prática exploratória que contribui para o descobrimento de novos materiais e técnicas de construir, como é o caso do bambu, um material pouco explorado e com potencial amplo.

BIBLIOGRAFIA

BAMBUTEC. **Anfiteatro PUC-Rio**. Disponível em:

<<https://bambutec.com.br/anfiteatro-puc-rio/>>. Acesso em: 2 de maio de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

CARRARA, Henrique Bragato. O canteiro experimental e o ensino. 2010.

CASTRO, J. M. G. Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006

CIBIC MAIS. INFORMATIVO DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Cbic trabalha agenda para alavancar a construção em 2018. Disponível em <http://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/12/CBIC_newsletter_121.pdf>. Acesso em: dez 2017.

CLAYTON-BARBOSA, Admilson. Bioengenharia utilizando bambus em faixas para o controle de processos erosivos: uma análise qualitativa. Polibotânica, n. 33, p. 223- 243, 2012.

CLIMATEMPO. Dados da cidade de Ouro Preto. Disponível em:<<https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/170/ouropreto-mg>>. Acesso em: 15 jan 2018.

DE BARROS, Bruna Rosa; DE SOUZA, Flávio Antônio Miranda. Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. 2004.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia. **Embrapa Acre-Livro técnico (INFOTECA-E)**.

DUNKELBERG, K. et al. **Bamboo as a building material**. Institute for Lightweight structures (IL) Karl Krömer Verlag Stuttgart. ISBN 3-7828-2031-2 NR. 31.

Stuttgart: University of Stuttgart, 1996

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).

Disponível

em: < <https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 10 jan 2018.

GHAVAMI, K. **Desenvolvimento de Elementos Estruturais Utilizando-se Bambu**. Habitat Brasil 96 – Feira da Habitação Urbana, 1. Florianópolis, Brasil. 1996, Anais. Florianópolis, Brasil, 19 páginas.

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. Disponível em < <http://www.ghgprotocol.org/> >. Acesso em: 22 nov 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em:

< <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques&c=3146107>>. Acesso em: 10 jan 2018.

KAMEGASAWA, A. M. Y. **Aplicações do bambu como material construtivo, com ênfase na fabricação de pisos**. 2004. 124f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004.

LÓPEZ, O. H. **Bamboo, the gifts of the gods**. Colombia, Bogota: D'vinni Ltda, 2003.

MAGALHÃES, Lucas Carlúcio. Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto, MG. 2005.

MOREIRA, Rodrigo Esmeriz Falcão et al. Utilização de membranas tensionadas leves na execução de estruturas especiais. 2009.

OLIVEIRA, Thaisa Francis César Sampaio de. **SUSTENTABILIDADE E ARQUITETURA: Uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil**. 2006. Dissertação de Mestrado.

PADOVAN, Roberval Bráz. O bambu na arquitetura: desing de conexões estruturais. 2010.

PAMPOLINI, Diógenes Guilherme; EDUARDO LANA, Cláudio. Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, 2017.

PORTAL DA GEOLOGIA. Parceria Codemig. Disponível em: <<http://www.portalgeologia.com.br/>>. Acesso em: 15 jan 2018.

RONCONI, Reginaldo Luiz Nunes. Canteiro experimental: uma proposta pedagógica para a formação do arquiteto e urbanista. Pós. Revista do Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, n. 17, p. 142-159, 2005.

SALES, Robson. IBGE: Serviços e investimentos na construção civil caem 16,5% em 2015, Revista Valor. Rio de Janeiro, RJ, jun. 2017. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/5012208/ibge-servicos-e-investimentos-na-construcao-civil-caem-165-em-2015>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SILVOSO, Marcos M.; CORDEIRO, Patrícia C.; ALBUQUERQUE, Rafael T. O ATO DE CONSTRUIR COMO UMA AÇÃO INTEGRADORA DE CONTEÚDOS NO CANTEIRO EXPERIMENTAL DA FAU/UFRJ.

SIMÓN VÉLEZ. **Projects**, 2015. Disponível em:

<<http://www.simonvelez.net/projects.htm>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **Os diversos usos do bambu na construção civil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SOBREIRA, F.G. & FONSECA, M.A. (1998). Geologic risk resulting from the land use of old mining sites in the Piedade Neighborhood. Ouro Preto – MG. Brazil. In: 8th International IAEG Congress. Balkema, Rotterdam, p.2025-2029.

SVEIVEN, Megan. AD Classics: Taj Mahal / Shah Jahan. Archdaily, 2011. Disponível em: < <https://www.archdaily.com/100528/ad-classics-taj-mahal-shah-jahan>>. Acesso em: 5 nov 2017.

TOLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P. Aplicação do bambu e de fibras naturais nas construções rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 19., 1990 Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1990. p.81-91.

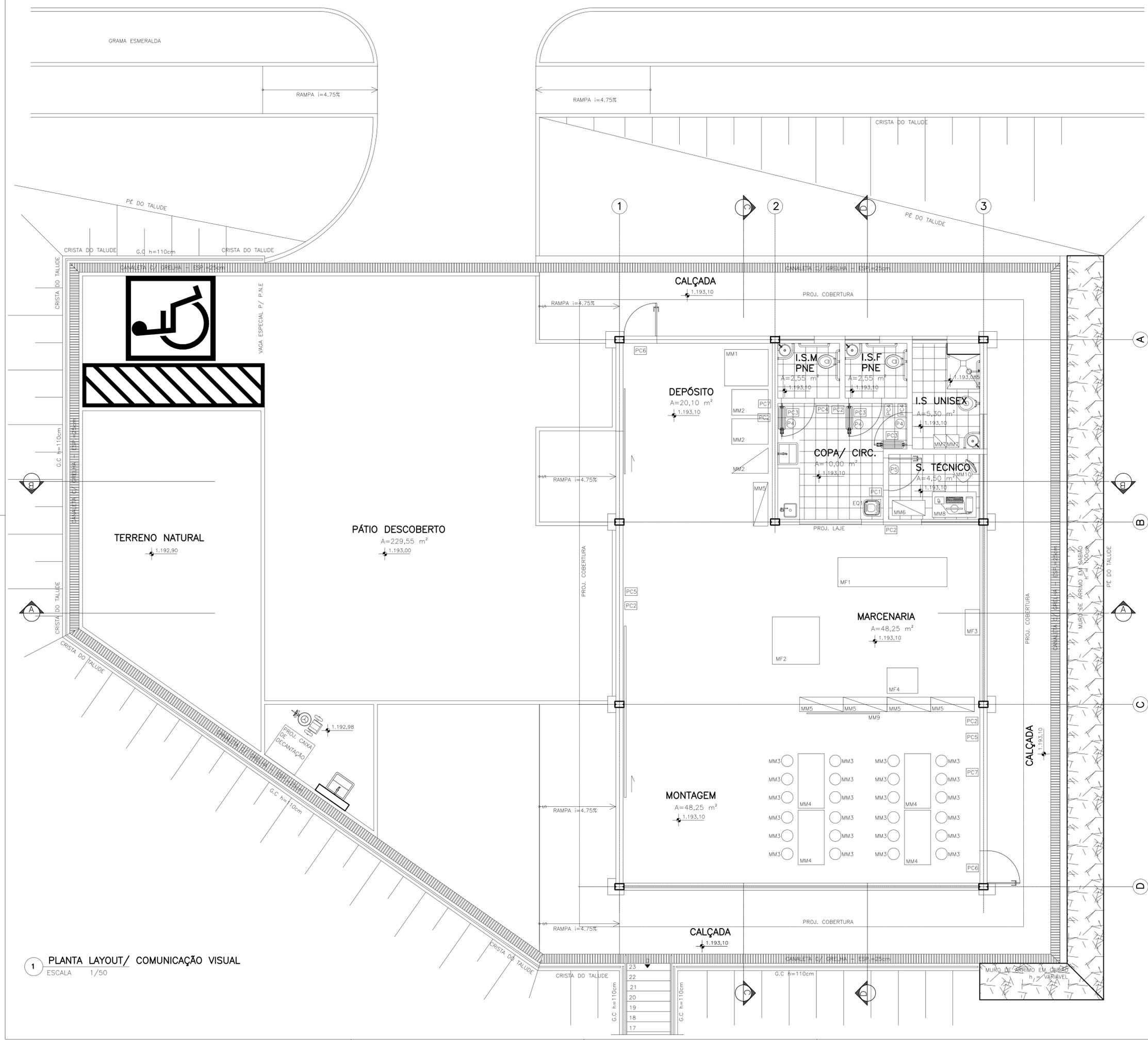
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO D MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

VUOLO, Cândida Maria. **Canteiro experimental**. Disponível em:

<<http://www.fau.usp.br/apoio/canteiro-experimental/>>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

ANEXO A**PLANTA DO CANTEIRO EXPERIMENTAL - PROJETO PRECAM**

A seguir, consta uma planta do projeto original elaborado pela Prefeitura do Campus para o canteiro experimental da UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO.



1 PLANTA LAYOUT/ COMUNICAÇÃO VISUAL
ESCALA 1/50

ESPECIFICAÇÕES

| SINALIZAÇÃO | | |
|------------------|---|--------|
| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANT. |
| PC1 | PLACA EM PVC - PICTOGRAMA - BEBEDOIRO - VER DET. FLS 16 | 01 |
| PC2 | PLACA EM PVC - PICTOGRAMA - PROIBIDO FUMAR - VER DET. FLS 16 | 05 |
| PC3 | PLACA EM PVC - PICTOGRAMA - BANHEIROS ACESSÍVEIS - VER DET. FLS 16 | 03 |
| PC4 | PLACA EM AÇO INOX - SINALIZAÇÃO TÁTIL - VER DET. FLS 16 | 03 |
| PC5 | PLACA EM PVC - PICTOGRAMA ROTA DE FUGA - VER DET. FLS 16 E PPCIP | 02 |
| PC6 | PLACA EM PVC - PICTOGRAMA SAÍDA DE EMERGÊNCIA - VER DET. FLS 16 E PPCIP | 02 |
| PC7 | PLACA EM PVC - PICTOGRAMA EXTINTOR INCENDIO - VER DET. FLS 16 E PPCIP | 02 |
| MOBILIÁRIO FIXO | | |
| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANT. |
| MF1 | MESA DE MARCENEIRO C/ 1 GAVETA E 2 MORÇAS - 30X80X90cm | 01 |
| MF2 | MESA P/ SERRA CIRCULAR - 130X130X80cm | 01 |
| MF3 | MESA P/ MOTOESMERIL - 70X40X90cm - FIXADO NA PAREDE | 01 |
| MF4 | MESA P/ FURADEIRA VERTICAL - 70X85X90cm | 01 |
| MOBILIÁRIO MÓVEL | | |
| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANT. |
| MM1 | PALLET (POLIETILENO) P/ CIMENTO - 120X100X14cm | 01 |
| MM2 | COLETOR (POLIETILENO) C/ RODÍZIO 8" C/ PUXADOR PRETO C/ DRENO - 100X70X70cm | 03 |
| MM3 | BANQUETA EM MADEIRA - ASSENTO REDONDO Ø 32cm - h=60cm | 24 |
| MM4 | BANCADA DESMONTÁVEL EM MADEIRITE NAVA C/ 1 GAVETA, REF. VONDER - 150X72X91cm | 04 |
| MM5 | ARMÁRIO DE AÇO C/ 02 PORTAS C/ CHAVES E 5 BANDEJAS - 200X120X40cm | 05 |
| MM6 | ARMÁRIO EM MDF 18mm REVESTIDO C/ LAMINADO MELAMINICO NA COR BEGE - 160X64X74cm | 01 |
| MM7 | ESCANINHO EM AÇO C/ 4 VÃOS INDEPENDENTES C/ CHAVE - 45X34X35cm | 04 |
| MM8 | MESA EM ESTRUTURA METÁLICA PINTADA C/ TINTA EPOXI COR PRETA, TAMPOS E 03 GAVETAS EM MDF 18mm REVESTIDA C/ LAMINADO MELAMINICO NA COR BEGE | 01 |
| MM9 | QUADRO BRANCO EM LAMINADO MELAMINICO BRANCO BRILHANTE C/ SUPORTE EM ALUMINIO | 01 |
| MM10 | CADEIRA GIRATÓRIA TIPO DIGITADOR COM BRAÇOS | 01 |
| EQUIPAMENTOS | | |
| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANT. |
| EQ1 | BEBEDOIRO - INSTALADO A 70 CM DE ALTURA - REF. BDF 300 REF. IBBL | 01 |

PROJETO ORIGINAL

NOTAS

- TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL
- NÃO MEDIR OS DESENHOS; SEGUIR COTAS
- EM CASO DE INCOMPATIBILIDADE, PREVALECE A ESCALA MAIS AMPLIADA
- EXECUTAR ESQUADRIAS CONFORME PROJETO (VER QUADRO DE ESQUADRIAS)
- OS ARQUIVOS ELETRÔNICOS, BEM COMO SUA VERSÃO IMPRESSA, SÃO CONSIDERADOS COMO DOCUMENTOS. EM QUALQUER EVENTUALIDADE AS MODIFICAÇÕES NECESSÁRIAS DEVERÃO SER SUBMETIDAS À COORDENADORIA DE ARQUITETURA E PROJETOS COMPLEMENTARES.
- AS DIMENSÕES DOS PILARES SEGUEM AQUELAS ESPECIFICADAS NO CÁLCULO ESTRUTURAL.
- AS COTAS E OS NÍVEIS INDICADOS NO PROJETO REFEREM-SE A PAREDES E PISOS ACABADOS.
- VER INDICAÇÕES DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NO CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES.

| REVISÃO | DESCRIÇÃO | DATA | VISTO |
|---------|------------------|------------|-------|
| 00 | EMISSION INICIAL | 29/06/2011 | FSSP |
| 01 | REVISÃO GERAL | 15/07/2011 | FSSP |

PROJETO EXEC. ARQUITETURA

ELABORAÇÃO DE PROJETO:

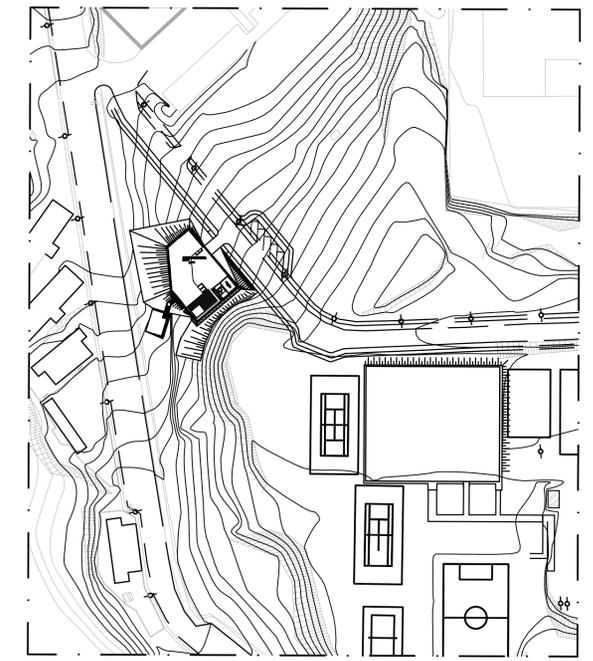
O3L ARQUITETURA LTDA
CREA: 48.477/MG

O3L ARQUITETURA 03/16
Rua Gonçalves, 388 - 2011
Santa Antônia CEP 30.330-100
Belo Horizonte Minas Gerais
(31) 2531 7070 - (31) 2531 7077
www.o3l.com.br - o3l@o3l.com.br

| UFOP UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO PREFEITURA UNIVERSITÁRIA/COORD. DE ARQUITETURA E PROJETOS COMPLEMENTARES | | FASE | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|----------------|
| PROJETO | CONTEÚDO | PROJ. EXEC. | ESCALA |
| CANTEIRO EXPERIMENTAL DEARQ | PLANTA C/ LAYOUT COMUNICAÇÃO VISUAL | INDICADA | |
| LOCAL: CAMPUS UFOP - MORRO DO CRUZEIRO | | DATA | JUN./2011 |
| AUTORES DO PROJETO | | DESENHO/CAD | FRED. PRATES |
| EDMUNDO DANTAS CREA RJ 179.594/D | | CÓDIGO | ----- |
| UZEL K. ROZENJUAN CREA MG 6856/D | | APROVADO | DATA APROVAÇÃO |
| JAVNA C. AMORIM CREA MG 97974/D | | REITOR | FRANCHA |
| JÓÃO LUIZ MARTINS | ALDO D'ANGELO | EDMUNDO DANTAS GONÇALVES | 01 |

APENDICE A

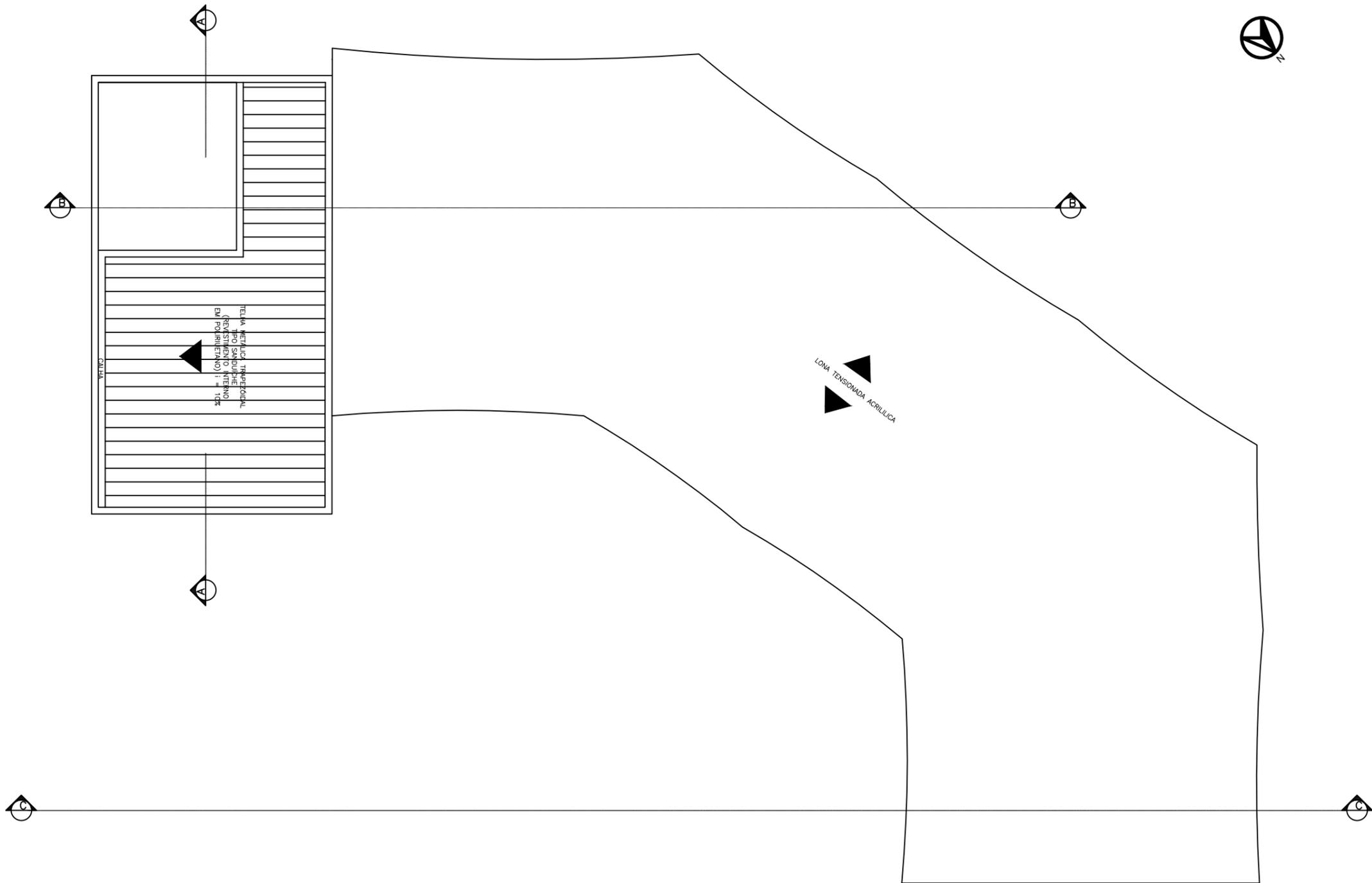
A seguir estão dispostos os desenhos técnicos do projeto arquitetônico autoral do Canteiro Experimental para a Universidade Federal de Ouro Preto.



2 PLANTA DE SITUAÇÃO
ESCALA 1/1250

1 IMPLANTAÇÃO
ESCALA 1/125

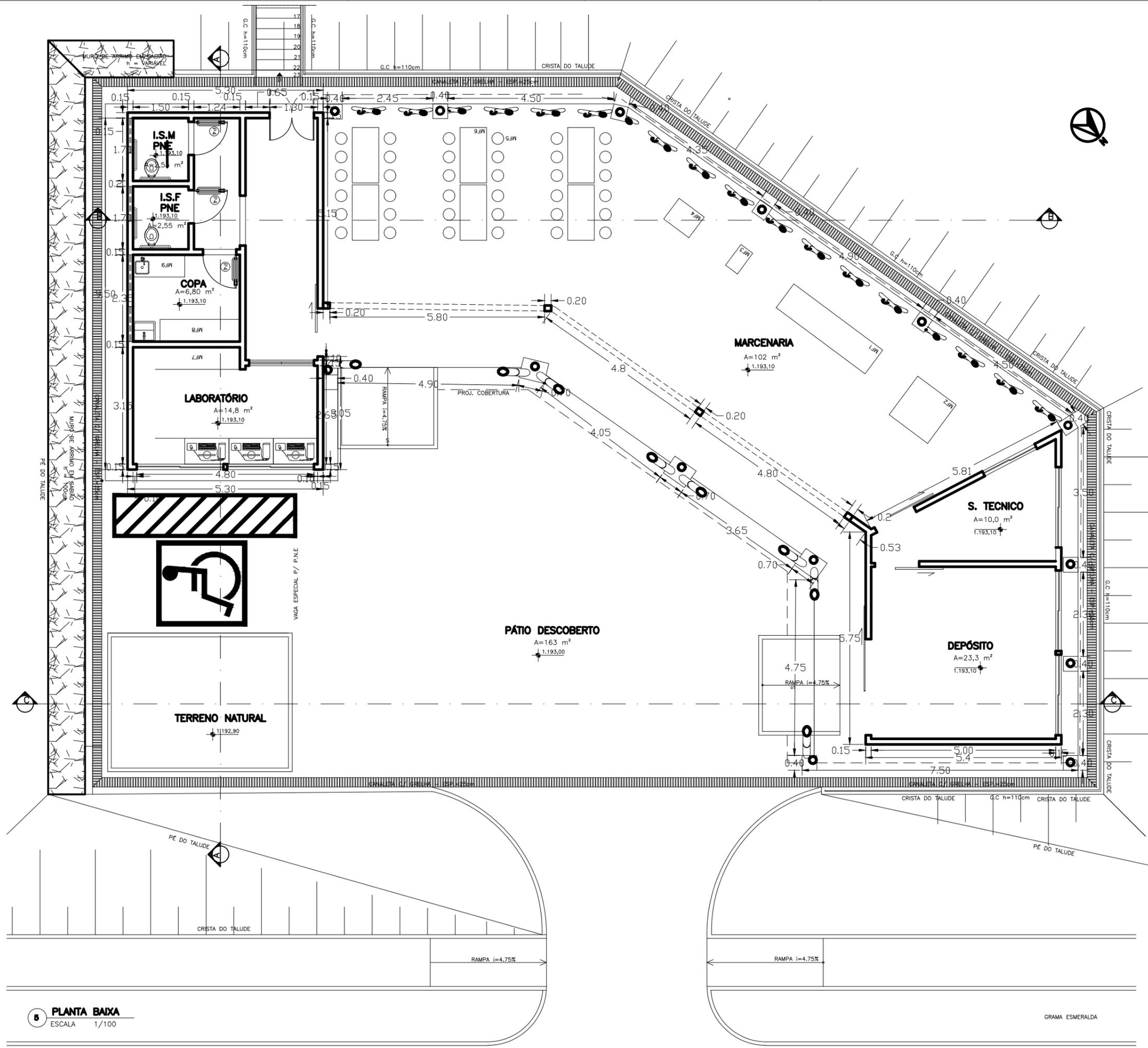
| | | |
|---|-----------------------------|----------|
| UFOP TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO II | | |
| ESCOLA DE MINAS - ARQUITETURA E URBANISMO | | |
| PROJETO | CONTEUDO | ESCALA |
| CANTEIRO EXPERIMENTAL | PLANTA IMPLANTAÇÃO/SITUAÇÃO | INDICADA |
| ALUNA | DATA | |
| MAÍRA ROSA CALDENA | JUN./2019 | |
| AUTORES DO PROJETO | | |
| RENATA ALMEIDA OLIVEIRA CARNIELLE | | |



ESPECIFICAÇÕES

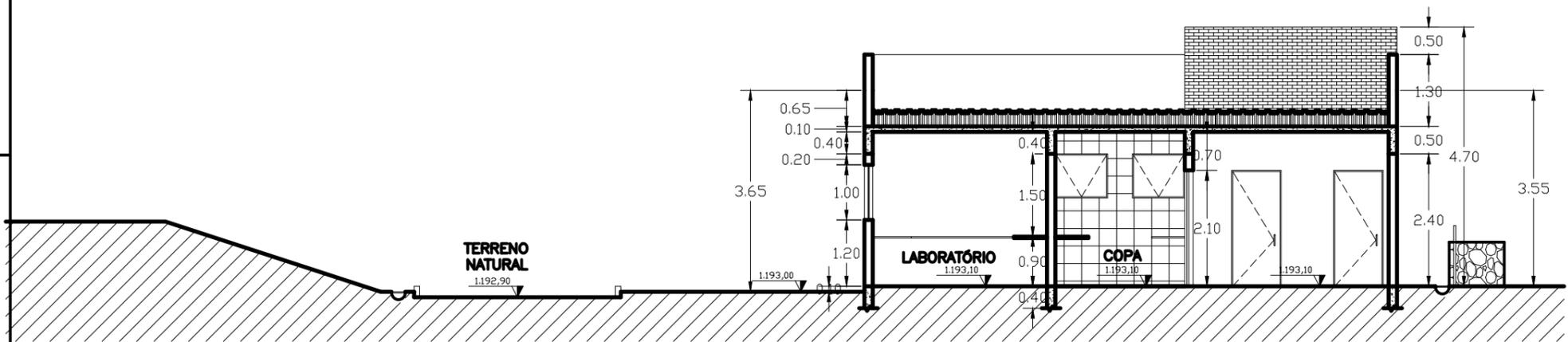
MOBILIÁRIO FIXO

| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANT. |
|--------|--|--------|
| MF1 | MESA DE MARCENEIRO C/ 1 GAVETA E 2 MORÇAS - 300X80X90cm | 01 |
| MF2 | MESA P/ SERRA CIRCULAR - 130X130X80cm | 01 |
| MF3 | MESA P/ MOTOESMERIL - 70X40X90cm - FIXADO NA PAREDE | 01 |
| MF4 | MESA P/ FURADEIRA VERTICAL - 70X85X90cm | 01 |
| MF5 | BANQUETA EM MADEIRA - ASSENTO REDONDO Ø 32cm -h=60cm | 36 |
| MF6 | BANCADA EM MADEIRITE NAVA C/ 1 GAVETA. REF. VONDER - 150X72X91cm | 04 |
| MF7 | BANCADA EM GRANITO PRETO ABSOLUTO - 60X90cm | 01 |
| MF8 | BANCADA EM GRANITO PRETO ABSOLUTO - 60X215X90cm | 01 |
| MF9 | BANCADA EM GRANITO PRETO ABSOLUTO - 60X140X90cm | 01 |

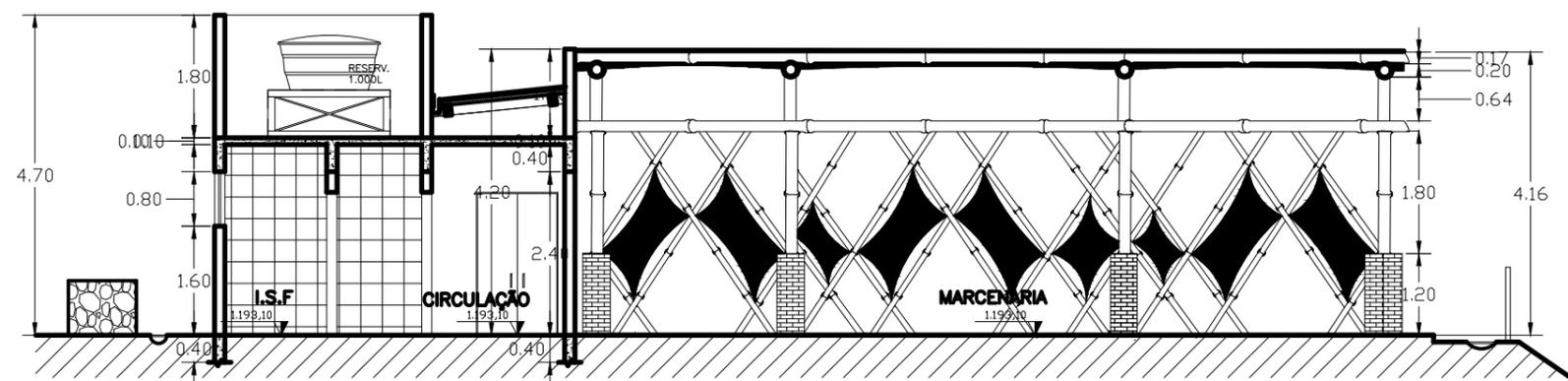


5 PLANTA BAIXA
ESCALA 1/100

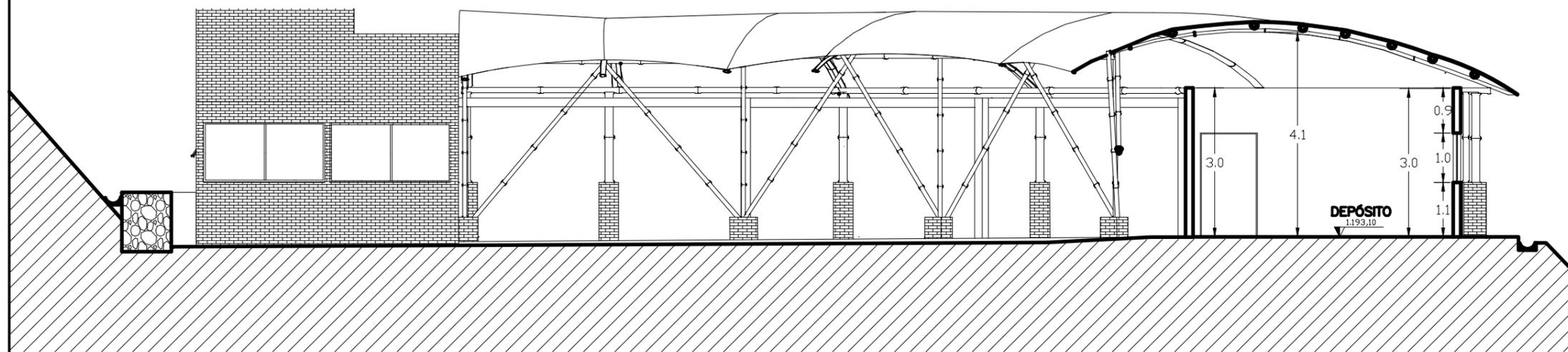
| | |
|--|--------------|
| UFOP TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO II ESCOLA DE MINAS - ARQUITETURA E URBANISMO | |
| PROJETO | CONTEÚDO |
| CANTEIRO EXPERIMENTAL | PLANTA BAIXA |
| ALUNA | INDICADA |
| MAIRA ROSA CALDENIA | DATA |
| | JUN./2019 |
| AUTORES DO PROJETO | FRANCHA |
| RENATA ALMEIDA OLIVEIRA CARNIELLE | 04 |



6 CORTE A
ESCALA 1/100



7 CORTE B
ESCALA 1/100



8 CORTE C
ESCALA 1/100

| | | |
|---|----------|-----------|
| UFOP TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO II | | |
| ESCOLA DE MINAS - ARQUITETURA E URBANISMO | | |
| PROJETO | CONTEUDO | ESCALA |
| CANTEIRO EXPERIMENTAL | CORTES | INDICADA |
| ALUNA | | DATA |
| MAÍRA ROSA CALDENIA | | JUN./2019 |
| AUTORES DO PROJETO | | FRANCHA |
| RENATA ALMEIDA OLIVEIRA CARNIELLE | | 05 |

