

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS ROGRAMA
DE PÓS-GRADUÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

GINA SILVA DE OLIVEIRA MOTA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO, LUMÍNICO E
TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR MISTA DE
ALVENARIA E BAMBU NA BR 364 RIO BRANCO NO ACRE**

**Manaus – Amazonas
Junho - 2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GINA SILVA DE OLIVEIRA MOTA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO, LUMÍNICO E
TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR MISTA DE
ALVENARIA E BAMBU NA BR 364 RIO BRANCO NO ACRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas UFAM/PPGEC como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência de Engenharia Civil.

Orientador: Profº. Dr. Raimundo Pereira de Vasconcelos

Manaus – Amazonas
Junho – 2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M917a Mota, Gina Silva de Oliveira
Avaliação do Conforto Acústico, Lumínico e Térmico de uma Habitação Unifamiliar Mista de Alvenaria e Bambu na BR 364 Rio Branco no Acre : Avaliação do Conforto Acústico, Lumínico e Térmico de uma casa de Bambu / Gina Silva de Oliveira Mota. 2019 127 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Raimundo Pereira de Vasconcelos
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Bambu . 2. Sustentabilidade. 3. Economia. 4. Habitação Alternativa. I. Vasconcelos, Raimundo Pereira de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO DA BANCA

DEDICATÓRIA

“Dedico esta dissertação ao meu filho,

ORI ILYÊ ODARA MOTA

e à minha mãe

MARIA DO SOCORRO SILVA DE OLIVEIRA”

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Deus e Pai na Palavra que diz: “a sabedoria é mais proveitosa que a prata e rende mais que o ouro, rubis e nada que se possa desejar se compara a ela. A sabedoria é a árvore que dá vida a quem a abraça; quem a ela se apegar será abençoado,” Provérbios 3;14-18;

Ao meu Orientador Professor Dr. Raimundo Vasconcelos por compartilhar sua experiência e conhecimento técnico e longanimidade;

Ao meu filho Ori Ilyê Odara Mota, Engenheiro Elétrico, por sua grande compreensão, carinho, paciência, auxílio e ajuda nas teclas do notebook;

À minha mãe Dona Socorro por suas orações, sabedoria, carinho, conforto, apoio e disposição surpreendente aos 85 anos;

Aos meus irmãos Gilberto e Gilmar;

Às minhas irmãs Angelina, Dorila e Maura;

Aos cunhados Nordman Castro Guimarães, Luiz Alberto Dalboni e Ilce Amaral;

Ao meu pai do coração, Pastor Elias;

Às incansáveis companheiras de oração Antônia, Rose, Maria Luiza, Silvia Luz, Fátima, Irene Rosa, Maria dos Remédios e Solange;

Ao Professor Dr. Jorge Guerra, Médico Hospital Tropical de Manaus;

À Professora Dra. Maria das Graças Barbosa Guerra;

Ao Presidente do CREA-RO Carlos Antônio Xavier;

À presidente do CREA-AC Eng.^a Agrônoma Carminda Luzia S.Pinheiro;

À minha Amiga Pedagoga Eliete Aires;

À professora Dra. Sandra da Cruz Garcia, da Universidade Federal de Rondônia;

À Professora Mestre Edilene Chagas de Oliveira;

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM;

Aos Professores UFAM e seus convidados;

Aos meus netos Maria Vitória, Gino Mateus, Valentina, Acsa Ester e Jabez por tantos ensinamentos e singeleza de coração;

Aos acadêmicos de engenharia civil da FARO por vosso companheirismo;

Aos Técnicos em Agrimensura Valdir Farias e Manoel Maria;

Ao Subsecretário de Obras e Pavimentação - SUOP Engenheiro Civil Diego Andrade Lajes pelo apoio;

Aos Diretores da Instituição Getúlio, João Neóricó, Ana Célia e Francis-FARO;

Aos colegas Professores da FARO;

Às prestativas, competentes e cooperadoras deste programa mestra Gúnila e Engenheira Florestal Milena, obrigada;

Ao Professor, *Coach*, mestre e amigo Hassan – Coordenador da Pós-Graduação da FARO;

À Casa de Apoio e Recuperação da Unidade Feminina em Especial a equipe da Psicóloga Lorena em Porto Velho;

À Casa Ester de Recuperação da Unidade Infantil em Especial a Psicóloga Pâmela, em Rio Branco;

Uma homenagem especial aos amores de minha vida *in memoriam*: Gil de Oliveira Mota – meu pai; Pedro Luís Mota – Meu filho Amado; Herbert – Coordenador da Pós-Graduação em 2013; Samuel Alves Galdino – grande amigo; Reinaldo Boero – Geólogo e Professor da Graduação e amigo; Professora Dra. Marialia Locatelli Gildo Motta – meu irmão; Jorge Montes – meu irmão.

“Até quando, vocês, inexperientes, irão contentar-se com a inexperiência? Vocês, zombadores, até quando terão prazer na zombaria? E vocês, tolos, até quando desprezarão o conhecimento?” Provérbios 1:22

“Com sabedoria edifica-se a casa, e com a inteligência ela se firma, pelo conhecimento se encherão as câmaras de toda a sorte de bens preciosos e deleitáveis” Provérbios 24:3-4.

RESUMO

A habitação unifamiliar em relação às questões sociais permanece como prioridade devido a deficiência em suprir as necessidades de moradia no Brasil. Na região de Rio Branco, Acre, uma alternativa sustentável é o bambu como material principal a ser utilizado na construção civil. Grandes são os desafios a serem superados, mesmo transpondo dificuldades na descoberta de novos caminhos, onde a visão do agora e do futuro é reunir a matéria prima de uma maneira comprovadamente sustentável, confortável, de fácil acesso, com poucos recursos, manuseio com ferramentas simples, produto durável, renovável e esteticamente aceitável. Desta forma, o Bambu se apresenta como um material com estas características, sendo um vegetal altamente resistente a ponto de ser utilizado na construção de uma habitação unifamiliar, pois é um recurso natural abundante na região norte, e que conta com vários estudos que apontam para o uso desse tipo de material em construções. Para reforçar esses estudos este trabalho se propôs a avaliar o conforto térmico, acústico e lumínico de uma habitação unifamiliar construída com alvenaria e bambu na BR 364 em Rio Branco – Acre. A construção analisada apresentou desempenho inadequado para o conforto térmico, onde na pior situação, o Dormitório I apresentou valor superior a 20% em relação ao limite da norma. Mesmo no pavimento superior, construído com bambu, o valor médio ainda é bem superior ao limite, aproximadamente 18%. Os resultados acerca do desempenho em termos de conforto, lumínico e acústico, se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pelas normas da ABNT.

Palavras Chaves: Bambu. Sustentabilidade. Economia. Habitação Alternativa.

ABSTRACT

Single family house in relation to social issues remains as a priority due to failure to meet the needs of housing in Brazil. In the region of Rio Branco, Acre, a sustainable alternative is the bamboo as the main material to be used in civil construction. Great are the challenges to be overcome, even transposing difficulties in finding new paths, where the vision now and in the future is to gather the raw material in a way that demonstrably sustainable, comfortable, easy access, with few resources, handling with simple tools, product durable, renewable and aesthetically acceptable. In this way, the Bamboo presents itself as a material with these characteristics, being a plant highly resistant to the point of being used in the construction of a single-family house, because it is a natural resource abundant in the north region, and that counts with several studies that point to the use of this kind of material in construction. To reinforce these studies this study proposes to evaluate the thermal comfort, acoustic and luminous of a single-family house constructed with masonry and bamboo on the BR 364 in Rio Branco, Acre. The construction analyzed presented inadequate performance for thermal comfort, where in the worst situation, the bedroom I presented a value greater than 20% in relation to the boundary of the standard. Even on the upper floor, built with bamboo, the average value is still well above the limit, approximately 18%. Results about the performance in terms of comfort, luminous and acoustic, presented within the limits established by the ABNT standards.

Keywords: Bamboo. Sustainability. Economy. Alternative Housing.

LISTA DE GRÁFICO

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Climograma de Rio Branco..... | 80 |
| Gráfico 2 -IBUTG das dependências da casa | 90 |
| Gráfico 3 -Valores das medições de nível de luminico da casa de bambu | 92 |
| Gráfico 4 - Valores das medições da pressão sonora da casa de bambu | 96 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 2 - Mapa mundi onde se localiza a cultura nativa do bambu..... | 8 |
| Figura 3 – Quadro de bicicleta com bambu..... | 11 |
| Figura 4 - Casa rural de Bambu | 11 |
| Figura 5 - Casa popular edificada com bambu pelo Programa Social "Hogar de Cristo" | 12 |
| Figura 6 – Modelo de aplicação do bambu na edificação de uma escola | 13 |
| Figura 7 – Detalhe da montagem das “cincopoles” | 14 |
| Figura 8 – Detalhe da colocação de cada “cincopoles” | 14 |
| Figura 9 - Detalhe da montagem da estrutura da cobertura (cincopoles). | 15 |
| Figura 10 - (a) uso da esteira de palha para a cobertura, e (b) paredes e fachadas de bambu..... | 16 |
| Figura 11 - Sequência de construção de residência: (a) o uso dos painéis pré-moldados de bambu. (b) montagem da dos painéis. (c) aplicação do reboco nos painéis. (d) layout da casa acabada. | 18 |
| Figura 12 - Casa feita de bambu pelos antepassados na costa do Equador ... | 19 |
| Figura 13 - Distribuição do Guadua no território acreano..... | 23 |
| Figura 14 - Fluxograma da cadeia produtiva do bambu no Acre..... | 25 |
| Figura 15 - Quiosque do Parque Tucumã, em Rio Branco..... | 27 |
| Figura 16 – Colmo de Guadua cf. superba, mostrando o ramo principal com dois ramos laterais, umas das características dessa espécie Estrutura populacional de G. superba | 28 |
| Figura 17 – Inventário e coleta de amostras de G. superba na Reserva Extrativista Chico Mendes..... | 29 |

| | |
|--|----|
| Figura 18 – (a) da maquete da treliça do telhado na exposição agrícola do em Rio Branco AC. (b) Lanchonete da Universidade..... | 31 |
| Figura 19 - Vista geral da lanchonete da Universidade Federal do Acre. | 31 |
| Figura 20 – (a) Vista do interior da Igreja e (b) Fachada da Igreja edificada com bambu. | 36 |
| Figura 21 - Casa de Bambu “Caña de Guayaquil” | 36 |
| Figura 22 - Bambu da espécie Guadua de maior ocorrência no Estado do Acre. | 46 |
| Figura 23 – MINCABAMBÚ: Mini-Centro Artesanal de Bambú, inaugurado em 14/01/2011 no distrito de Aramango, província de Bagua, na Amazônia Peruana..... | 53 |
| Figura 24 - Carta bioclimática de Givoni. | 63 |
| Figura 25 - Carta Bioclimática 8, Rio Branco, Acre, Região Norte | 67 |
| Figura 26 - Carta Climática apresentando as normais climatológicas de cidades desta Zona 8. | 67 |
| Figura 27 - Fluxograma da pesquisa | 74 |
| Figura 28 – Localização da habitação objeto do presente estudo..... | 79 |
| Figura 29 – Medidor de Stress Térmico – TGD/ 400..... | 81 |
| Figura 30 - Aparelho utilizado para medição do ruído..... | 82 |
| Figura 31 - Medidor multifuncional ITMP-600..... | 83 |
| Figura 32 - Casa de bambu na área rural de Rio Branco/AC..... | 85 |
| Figura 33 - Vista lateral externa do pavimento superior, objeto da pesquisa. .. | 85 |
| Figura 34 - Vista lateral externa da habitação estudada. | 85 |
| Figura 35 - Planta baixa do pavimento térreo edificado com alvenaria. | 86 |
| Figura 36 - Planta baixa do pavimento superior edificado com bambu. | 87 |
| Figura 37 – Vista aérea da habitação analisada no presente estudo (círculo vermelho). | 88 |
| Figura 38 - Detalhe da construção do interior do telhado com cobertura em telha fibrocimento | 88 |
| Figura 39 - Estilo arquitetônico da casa. | 93 |
| Figura 40 - Esquema da inclinação do telhado. | 93 |
| Figura 41 –Telhado construído diretamente sobre a alvenaria | 94 |

LISTA DE QUADRO

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Características das principais espécies de bambu para construção e produção de componentes | 34 |
| Quadro 2 - Características das principais espécies de bambu para construção e produção de componentes | 35 |
| Quadro 3 - Características da pesquisa desenvolvida neste trabalho..... | 73 |
| Quadro 4 - Base de consulta e justificativa da pesquisa desenvolvida neste trabalho..... | 75 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Estatísticas descritivas de um levantamento populacional de Guadua cf. superba) em parcela amostral de 100x100 m. Reserva Extrativista Chico Mendes (Seringal Etelve), Brasília-AC | 30 |
| Tabela 2 - Resistência, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson para o Guadua angustifolia, à tração. (Ghavami e Marinho, 2005). | 39 |
| Tabela 3 – Resistência, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson para o Guadua angustifolia, à compressão. (Ghavami e Marinho, 2005)..... | 40 |
| Tabela 4 – Tensão de cisalhamento do Bambu - (Ghavami e Marinho, 2005). 40 | |
| Tabela 5 – Valores médios da resistência à compressão de várias espécies de bambu. | 42 |
| Tabela 6 – Características das espécies de bambu e do aço (Resistência à tração / Massa Específica) | 42 |
| Tabela 7 – Valores médios da resistência à tração (MPa) de algumas espécies de bambu..... | 43 |
| Tabela 8 - Nível de pressão sonora provocado por veículos..... | 57 |
| Tabela 9 - Nível de pressão sonora provocado no interior da habitação. | 58 |
| Tabela 10 – Nível de Critério de Avaliação NC para Ambientes Internos, em dB(A) | 59 |
| Tabela 11 Nível de Critério de Avaliação NCA para Ambientes Externos, em dB(A). | 60 |
| Tabela 12 - Regime de trabalho intermitente em função do índice – NR 15. ... | 64 |
| Tabela 13 - Limites de Tolerância NR-15..... | 65 |
| Tabela 14 - Taxa de Metabolismo por tipo de atividade NR 15..... | 66 |
| Tabela 15 - Níveis de iluminamento natural. | 72 |
| Tabela 16 – Valores das medições de calor..... | 90 |
| Tabela 17 - Valores de calor (IBUTG) no interior da casa..... | 90 |
| Tabela 18 - Avaliação de Nível de Luminico - LUX | 92 |
| Tabela 19 - Análise da iluminância dos ambientes da habitação | 92 |
| Tabela 20 - Avaliação de Nível de Pressão Sonora dB(A) | 96 |
| Tabela 21 - Nível médio tolerável de ruído (LAeq) no interior dos cômodos. ... | 96 |

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Ac – Acre

ASPROAC – Associação de Produtores Rurais do Acre

BR – Rodovia Federal Brasileira

°C – Graus Centígrados

cm – Centímetro

cm² – Centímetro Quadrado

CONBEA – Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CO₂ – Gás Carbônico

CVT – Centro Vocacional Tecnológico de Referência em Agroecologia e Produção Orgânica no Acre

DAP – Diâmetro a Altura do Peito

dB(A) – Decibéis Ponderados

E - Módulo de Elasticidade

EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira

ELETRORBRAS – Centrais Elétricas Brasileira S.A.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

°F – Graus Fahrenheit

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo

FEA – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

FS – Fator Solar

FUNTAC – Fundação de Tecnologia do Estado do Acre

GPa – Gigapascal

GT – Grupo de Trabalho

Ha – Hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBUTG – Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo

IEC – *International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional)

IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

INBAR – *International Network for bamboo and Rattan*

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

ITMP – *Information Technology Management Principles* (Princípios de Gerenciamento de Tecnologia da Informação)

kg/m³ – Kilograma por metro cúbico

Kcal/h – Kilocaloria por hora

Km – Kilômetro

LAeq – Nível de Pressão Sonora Equivalente

L_i – *Sound Level Pressure* (Nível de pressão sonora)

LUX – Avaliação de Nível de Lumínico

m – Metro

mm – Milímetro

M – Taxa de metabolismo média ponderada para uma hora

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia

M_d – Taxa de metabolismo no local de descanso;

M_t – Taxa de metabolismo no local de trabalho;

MMA – Ministério do Meio Ambiente

n – Número total de leituras

n_i – Número inicial de leitura

NBR – Norma Brasileira

NC – Curva de avaliação de ruído

NCA – Níveis de Critério de Avaliação

NOCMAT – *Non-Conventional Materials and Technologies* (Materiais e Tecnologias Não-Convencionais)

NR – Norma Regulamentadora

P_o – Pressão sono de referência

P – Valor eficaz da pressão, em *Pascal*

P_A – Pascals

RMS – *Root Mean Squared* (Valor Quadrático Médio)

RBB – Rede Brasileira do Bambu

S – Sul

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa

SEBRAE/AC – Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa do Acre

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente

SNB – Sociedade Numismática Brasileira

t_{bn} – Temperatura de Bulbo Úmido Natural;

t_{bs} – Temperatura de bulbo seco.

T_d – Soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso

t_g – Temperatura de Globo

TGD – Temperatura do Globo no descanso

T_t – Soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho

U – Transmitância

UNB – Universidade de Brasília

UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

UNICAMP – Universidade de Campinas

UTM – Universal Transversa de Mercator

UFAC – Universidade Federal do Acre

W – Oeste

μ - Poisson

τ - Tensão de cisalhamento

Φ -Atraso térmico

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. OBJETIVOS | 2 |
| 1.2. Justificativa | 2 |
| 1.3. Estrutura Do Trabalho | 6 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 8 |
| 2.1. Origem Do Bambu | 8 |
| 2.1.1. Bambu Na China | 10 |
| 2.2. O Bambu Na América Latina | 12 |
| 2.2.1. Bambu Na Colômbia..... | 12 |
| 2.3. Bambu No Peru | 17 |
| 2.4. Bambu No Equador | 18 |
| 2.5. Bambu No Brasil..... | 19 |
| 2.5.1. Regulamentação Do Bambu No Brasil | 22 |
| 2.6. O Bambu No Estado Do Acre | 23 |
| 2.6.1. As Florestas Abertas Com Bambu No Sudoeste Da Amazônia | 23 |
| 2.6.2. Cadeia Produtiva Em Rio Branco/Ac..... | 25 |
| 2.6.3. Lanchonete Da Universidade Federal Do Acre | 30 |
| 2.7. Eficiência Do Bambu Para Uso Na Habitação..... | 32 |
| 2.7.1. A Resistência Mecânica Do Bambu | 38 |
| 2.7.2. O Aço Vegetal | 41 |
| 2.7.3. Vantagens E Desvantagens Dos Bambus..... | 43 |
| 2.7.4. Nativos..... | 46 |
| 2.7.5. Espécies Prioritárias | 48 |
| 2.7.6. Espécies Para Uso Nas Construções No Brasil | 48 |
| 2.8. Aspectos Econômicos Da Sustentabilidade Nas Construções | 49 |
| 2.9. Métodos De Construção Com Bambu | 52 |
| 2.9.1. Métodos De Vernacular E Tradicional De Construção Com Bambu..... | 52 |
| 2.10. Conforto Ambiental | 54 |
| 2.11. Desempenho Das Edificações..... | 55 |
| 2.11.1. Desempenho Acústico..... | 56 |
| 2.11.2. Desempenho Térmico | 60 |
| 2.11.3. Zoneamento Bioclimático | 66 |
| 2.11.4. Desempenho Lumínico..... | 68 |
| 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA | 73 |
| 3.1. Procedimentos Metodológicos Da Coleta E Análise De Dados..... | 73 |
| 3.1.1. Levantamento Da Construção | 75 |
| 3.1.2. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO | 76 |
| 3.1.3. Técnicas Empregadas Na Coleta E Análise De Dados De Desempenho Da Edificação | 76 |
| 3.1.4. Pesquisa De Campo..... | 77 |
| 3.2. Local Das Medições | 78 |
| 3.2.1. Aferição De Temperatura | 79 |
| 3.2.2. Acústica..... | 80 |
| 3.3. Caracterização Dos Instrumentos De Medições | 81 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 85 |
| 4.1. Caracterização Do Estudo De Caso..... | 85 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1. Cobertura..... | 88 |
| 4.2. Avaliação Do Desempenho | 88 |
| 4.2.1. Considerações Iniciais..... | 89 |
| 4.2.2. Desempenho Térmico | 90 |
| 4.2.3. Desempenho Lumínico..... | 91 |
| 4.2.3.1. Iluminação Natural | 91 |
| 4.2.3.2. Avaliação Do Conforto Térmico E Lumínico Frente Aos Elementos Construtivos | 93 |
| 4.2.4. Desempenho Acústico..... | 95 |
| 5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 98 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 99 |

1. INTRODUÇÃO

Rio Branco, capital do estado do Acre, local do presente estudo, vem assustadoramente crescendo em seu mundo de selva de pedra, tijolo, ferro, cimento, e revestimento, em uma única visão de espaço da vida urbana.

A região que é denominada como um trampolim de oportunidade em suas riquezas naturais e renováveis, possui, via de acessos aonde se chega a países como Peru, Colômbia e Equador, registrando inúmeras habitações, edificações, pontes e outras construções que utilizam a matéria prima bambu. Tais construções representam uma visão que une a viabilidade, criatividade, nobreza, segurança e o bem-estar com qualidade de vida, menos agressivo ao meio ambiente. Diante disso surge o questionamento: por que os acreanos e os brasileiros em geral não utilizam com mais frequência o bambu como matéria prima da construção civil?

Este país completo e repleto de riquezas de recursos minerais, naturais e um clima favorável em todos os meses do ano, caminha em marcha lenta quanto a utilização do bambu, recurso natural rapidamente renovável e que, em números, em relação a outros países, é muito mais abastecido com recursos naturais e renováveis e com mais espaço, principalmente em várzeas e rios. Embora possuindo clima propício para proliferação do bambu, tais recursos vão se escapando com o aumento do desmatamento de áreas para diversas atividades econômicas.

Deve-se salientar que a tecnologia tomou formas tão gigantescas, diligente e impressionante que em conjunto com uma sociedade mais consumista, tem gerando um grande volume de lixos descartáveis que vai se acumulando dentro do meio ambiente. Assim, movida pelo resgate de uma habitação utilizando recursos naturais, resistente, duradouro e de simples manuseio, surge o tema: Bambu como recurso alternativo para construção de habitação unifamiliar.

Entre os fatores que favorecem diversas utilizações do bambu, tanto na produção artesanal quanto na indústria ou na Arquitetura, destacam-se a facilidade de manuseio e transporte devido a leveza do material e a simplicidade das operações necessárias à sua transformação como matéria prima. Trata-se

de um recurso de produção fotossintética, renovável em altas taxas. Tem boa durabilidade, se tratado com preservativos de custo equivalente dos tratamentos de preservação da madeira. Tem alta resistência mecânica superior as madeiras comercialmente mais nobres, atingindo níveis de resistência à tração de 317 MPa, superior a *tacoma eximia* ou ipê amarelo que atinge 219 MPa, conforme destaca Nunes (2006).

1.1. Objetivos

Objetivo Geral

Avaliar o conforto térmico, acústico e lumínico de uma habitação unifamiliar construída com bambu na região de Rio Branco – Acre.

Objetivos Específicos

- (1) Identificar as principais espécies de bambu da região de Rio Branco - AC;
- (2) Realizar um levantamento do estado da arte de construções empregando o bambu;
- (3) Avaliar o conforto térmico e acústico de uma habitação construída com bambu quanto aos limites estabelecidos pelas normas da NBR.

1.2. Justificativa

Durante séculos a moradia e seus recursos é uma temática de pesquisas e estudos dos mais variados setores, porém, a cultura rotula e insiste nos materiais convencionais, mesmo quando o meio ambiente oferece uma gama de opções que possibilitam uma qualidade de vida melhor.

Os desafios a serem alcançados e dificuldades superadas são descobrir novos caminhos, para reunir matérias primas de uma maneira comprovadamente sustentável, de fácil acesso, com poucos recursos, manuseio com ferramentas simples, que seja durável, renovável e esteticamente aceitável. Desta forma, o bambu é um material com estas características, um vegetal altamente resistente a ponto de ser utilizado na construção de uma habitação.

O bambu é uma gramínea de características singulares. Cresce rapidamente, adapta-se em climas diversos e pode atingir até oito metros em um rápido espaço de tempo. É uma cultura perene, de reprodução assexuada, onde seus colmos se multiplicam sem necessidade de replantio. O bambu de meses de idade pode ser utilizado como alimentação e em vários usos domésticos, assim como, pode ser transformado em lâminas para elaboração de painéis para forros e divisórias. Acima de 3 anos pode ser utilizado na Arquitetura em estrutura e edificações, devido à alta resistência mecânica, boa durabilidade, forma tubular, estruturalmente estável e pronta para o uso.

Culturalmente reconhecido como “a planta dos dois mil usos” e o “amigo da natureza” no Oriente, todavia, o bambu é muito pouco explorado, na América Latina, sendo mais empregado em países como a Colômbia, Equador, Peru e Chile. Tendo o bambu como elemento tradicional na sua cultura outros países têm praticado a introdução e exploração do bambu, como a Costa Rica, através do Projeto Nacional de Bambu. No Brasil, apesar de ser um vegetal relativamente comum na flora de todas as regiões, é pouco utilizado, seja pelo desconhecimento de suas centenas de espécies, característica e aplicações, seja devido à falta de pesquisas e informações acessível as populações que poderiam se beneficiar com seus usos (TOMO, 2006).

Nessa perspectiva, o uso do bambu como material de construção permite o aparecimento de inúmeros sistemas construtivos nele baseados. Conforme Edwin, *et. al.* (2014), em países da América Latina como, Colômbia, Costa Rica e Equador, muitos exemplos de sistemas construtivos vêm sendo propostos por entidades acadêmicas, técnicas, governamentais e não governamentais e muito deles são considerados modelos de experiências bem-sucedidas no enfrentamento do problema habitacional desses países.

A diversidade de técnicas de tais sistemas de eficácia já cientificamente comprovadas pode dar uma enorme contribuição às demandas de ofertas de habitação, reunindo comunidades em torno da discussão das questões que podem dar solução para a construção da moradia, tais como difusão de tecnologias apropriadas, treinamento e capacitação da mão-de-obra através do apoio profissional e científico, permitindo gerar a organização de sistema comunitário de produção, utilizando o potencial de gestão local.

A inserção e a disseminação do bambu como material de construção em larga escala no Brasil apoiada por políticas públicas de interesse comunitário poderá promover uma considerável redução de custo na construção de interesse social e na geração de novos empregos e renda a partir da criação de uma nova cadeia produtiva para esse material. Todavia, o quadro que se apresenta é bem diferente, como se pode ver a seguir.

Como material de construção, o bambu sofre todo o tipo de preconceito, tanto por desconhecimento das suas propriedades quanto pela ideia generalizada na sociedade capitalista de que mercadorias produzidas por processos naturais, artesanais ou manufaturados não agregam a si valores de qualidade, durabilidade e modernidade (PIMENTEL, 1997).

Os produtos gerados através de processos industrializados e tecnológicos avançados reúnem para si, além desses valores subjetivos, todos os outros ligados ao progresso, ao desenvolvimento e ao *status* econômico. É compreensível, pois, as pessoas, não importando a classe social que se incluam, almejam pertencer ao grupo dominante da normalidade habitacional, que tem como padrão construtivo consagrado o uso da alvenaria de tijolos cerâmicos e as lajes de concreto e, assim perseguir o consumo de materiais que permitam alcançar aquele *status* social (PIMENTEL, 1997).

O autor destaca ainda o conceito de desenvolvimento associado à produção tecnológica industrial está impregnado de tal forma no imaginário social, que o valor dos objetos não mais se manifesta apenas pela capacidade de atender as necessidades, mas sim pela possibilidade de satisfazer desejos.

A crise habitacional no Brasil tem despertado, ao longo de sucessivas décadas, o interesse no desenvolvimento de técnicas construtivas com resultados que possibilitem a construção de maior número de unidades pelo menor custo e no menor tempo. No entanto, verifica-se que, apesar de existir na atualidade uma infinidade de soluções técnicas, essa questão habitacional continua sendo um dos maiores problemas nacionais, cuja solução ultrapassa o âmbito do científico/tecnológico.

O Brasil rural atual vem apresentando, em seus espaços, dinâmicas diferentes das de anos atrás, sendo necessário rediscuti-las. Cada vez mais, novas relações estão surgindo, inclusive a relação que esses espaços estabelecem, direta ou indiretamente, com o meio urbano - desde pequenos

municípios até grandes cidades. Segundo Blanco & Jiménez (2002), é crescente a incorporação do espaço rural no espaço urbano e vice-versa, seja pela presença de pessoas trabalhando e habitando em meios diferentes, seja pelo crescimento sem controle das cidades sobre o campo.

Nesse contexto, a busca por soluções não se resume em construir mais com menos recursos; é necessário também considerar o custo das decisões arquitetônicas sob o ponto de vista ambiental. Além disso, não basta oferecer abrigo ao usuário, pois isso ele já o tem nas favelas e sub-habitações disponíveis em qualquer cidade brasileira, embora o mercado já tenha se encarregado de atribuir uma unidade de valor mesmo ao mais simples dos barracos. É necessário devolver a dignidade ao homem, bem como condições mínimas de conforto, segurança e a perspectiva de melhoria no seu padrão econômico.

Alinhar de forma correta o crescimento econômico com o uso sustentável dos recursos requer a atenção para três aspectos distintos e igualmente importantes; o aspecto social, o ambiental e o econômico. Portanto, para que se possam desenvolver produtos de forma sustentável, estes três fatores devem ser corretamente equilibrados, apesar de seus interesses aparentemente serem contraditórios, proporcionando assim uma cultura sustentável de geração de renda (AMÉRICO, 2009).

Banerjee (2003) comenta que há muitas interpretações diferentes do Desenvolvimento Sustentável, mas seu objetivo principal é de descrever um processo de crescimento econômico que não cause destruição ambiental.

Para muitos autores, o caráter utópico do desenvolvimento sustentável encontra-se no fato do desenvolvimento manifestar uma lógica econômica, onde o único objetivo é orientar-se para um crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável pretender a preservação do meio ambiente, indo de certa forma contra a essência da lógica vigente mundial (SILVA, 2000).

A partir de então, gera-se o seguinte questionamento: o que é sustentabilidade? Segundo Sgarbi *et. al.* 2008, os estudos sobre a sustentabilidade têm apresentado um crescente interesse na comunidade acadêmica, despertando não só o interesse dos estudiosos da área socioambiental, mas também dos pesquisadores de temas como estratégia, competição, gestão, dentre outros.

A sustentabilidade é um conjunto de atitudes que busca transformar o modo de vida das pessoas, e conseqüentemente a sociedade, para que se possa viver de forma mais harmoniosa com o nosso planeta, preservando e respeitando tudo que nele reside, almejando um equilíbrio que se sustente pelas gerações futuras, e que conforme Oliveira, (2013), “somos alimentados diariamente por sonhos e esperança, sonhos de querer ir além do que vemos e enxergamos”.

A inovação tecnológica é indispensável na busca de horizontes de sustentabilidade para o meio urbano. Não se pode aceitar os prejuízos causados à cidade e à população, devido à falta de investimentos na manutenção e na utilização de recursos naturais e energéticos menos poluentes. É urgente estabelecer uma relação menos agressiva entre a produção do *habitat* humano e o meio ambiente natural. Em virtude disso, diversas pesquisas em tecnologia têm sido desenvolvidas, com o objetivo de amenizar os impactos negativos das construções sobre o meio ambiente, em especial, utilizando materiais alternativos de baixo custo, como por exemplo, o bambu (OLIVEIRA, 2006).

A Revolução Industrial trouxe o progresso, entretanto, gerou problemas socioambientais. A revitalização das técnicas já comprovadas pelo tempo e usuários refletem o novo paradigma no setor da construção civil que urge por mudanças para adaptação, inclusive com as novas normas técnicas de desempenho térmico, eficiência energética e as certificações ambientais (CORRÊA, NERI, RODRIGUES, SAMANTHA, MENDES, 2014).

Em continuidade, escala-se mais um degrau de encontro aos desafios, uma matéria prima comprovadamente sustentável, o bambu, para a construção de habitações de interesse social. Neste contexto, a pesquisa apresentada nesta dissertação busca trazer uma contribuição ao estudo de edificações que empregam o bambu como elemento construtivo, no que concerne o conforto térmico, acústico e lumínico, à luz dos limites estabelecidos pelas normas da ABNT.

1.3. Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em capítulos, os quais são descritos a seguir.

Capítulo 1 – Este capítulo apresenta uma introdução, na qual estão relacionadas as abordagens que permeiam a temática sobre o vegetal bambu, oferecendo um panorama de sua importância social e cultural inserido na introdução e na justificativa, além disso, são apresentados os objetivos e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – A Fundamentação Teórica que é o referencial para as discussões dos resultados está apresentada neste capítulo. Além disso, é feita uma síntese dos conceitos que focaliza a origem do bambu e sua história para elucidar o tema central abordado neste trabalho, sendo este material a base da compreensão e a sequência do capítulo 3.

Capítulo 3 – O capítulo descreve os procedimentos empregados na pesquisa, bem como, os materiais e equipamentos utilizados.

Capítulo 4 – São apresentados e discutidos os resultados obtidos nos procedimentos descritos no capítulo anterior, para tanto, são empregados como parâmetros os valores sugeridos pelas normas da ABNT, bem como resultados observados em trabalho correlatos de acordo com a fundamentação teórica apresentada no capítulo 2.

Capítulo 5 – As conclusões da pesquisa são apresentadas neste capítulo, em conformidade com que foi discutido no capítulo anterior. Para finalizar, são apresentadas algumas sugestões de trabalhos futuros que possam dar continuidade a pesquisa.

A seguir, o capítulo 2, que trata dos fundamentos teóricos desta pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Origem do Bambu

Há milênios, o bambu dá forma a casas tradicionais em países como o Japão e a China. Nos últimos anos, pesquisas na construção civil avalizaram sua resistência e durabilidade. Profissionais da construção civil do mundo todo redescobriram o bambu e passaram a usá-lo em modernas obras públicas, onde conforme observado na Figura 01 esta espécie vegetal está presente nos 4 continentes.

Figura 1 - Mapa mundi onde se localiza a cultura nativa do bambu



Fonte: Manhães, 2008

Além disso, a necessidade de repensar o consumo de materiais na construção, para torná-la mais sustentável do ponto de vista ambiental, atrai olhares para a exploração de novas alternativas, sendo o bambu visto como a promessa para este século, conforme destaca o professor e pesquisador Ghavami (2010), que a cerca de 30 anos vem desenvolvendo pesquisas com diversas espécies de bambu e não tem dúvidas sobre o seu potencial.

Presznuk (2004) cita que, o bambu é uma matéria prima muito utilizada em diversas partes do mundo para os mais variados fins. Sua grande utilização ainda é maior em culturas orientais que utilizam o bambu há milênios, porém no ocidente suas potencialidades são desconhecidas e por isso é subutilizado como

matéria prima. Esta gramínea recebe considerável atenção como um dos materiais disponíveis mais sustentáveis. Inegavelmente a plântula é uma das maiores fontes renováveis de biomassa no planeta, sendo um substituto para madeira, e mostrando desmembramentos positivos em relação ao meio ambiente. Notável planta tem potencial para ser uma verdadeira fonte sustentável, e integrar todos os pilares da sustentabilidade: ambiental, social, econômico e cultural (REUBENS, 2010).

O vegetal bambu está profundamente arraigado no cotidiano de comunidades tradicionais desde tempos imemoriais. Antropólogos sugerem que a dependência humana em ferramentas e tecnologias de bambu pode ter precedido o uso das ferramentas da Idade da Pedra, porém, existem registros limitados dessa época, pois o bambu é um material perecível. Segundo Reubens (2010), esta teoria parece bastante plausível, já que a maioria das civilizações antigas originárias da Ásia, África e América Latina, eram indígenas, e o bambu é um material facilmente trabalhado. Esta taquara é parte integral da vida na Ásia, o que pode ser claramente percebido por um ditado indiano que diz que “após o nascimento não se consegue viver sem bambu”.

Outro fato importante é que o processamento de produtos desta taquara geralmente requer menos energia, se comparada a de produtos à base de combustíveis fósseis. Segundo Hidalgo-López (2003), a distribuição de bambu pelos continentes, é aproximadamente a seguinte: 67% na Ásia e Oceania; 3% na África; e 30% nas Américas.

Os portugueses, durante a colonização, estavam interessados apenas na extração da madeira nobre Pau-Brasil presente na Mata Atlântica, e não deram importância às gramíneas existentes nessa floresta, devido ao fato de as mesmas apresentarem pequeno porte, não servindo, de um modo geral, para uso em construções. Cabe lembrar que os bambus genuinamente nacionais e que apresentam porte elevado encontravam-se longe da Costa Atlântica; pode-se, inclusive, afirmar que a “descoberta” das florestas de bambus gigantes brasileiros é relativamente recente.

Os bambuzais desempenham inúmeras funções em um ecossistema; o *International Network for bamboo and Rattan* (INBAR) (2003) ressalta que os benefícios do bambu na restauração de solos degradados, reflorestamento,

geração de biomassa, sequestro de carbono, prevenção de erosões e lixiviação, já foram todos documentados, mas melhores formas de gestão e sistemas de produção são necessárias.

Kuehl, Henley e Yiping (2011) informam que, no ano de 2011, estimou-se que as florestas de bambu cobriam 22 milhões de hectares, porém, estudos mostram que o bambu poderia ser desenvolvido em mais milhares de hectares de solos degradados nas regiões tropicais e subtropicais, onde poderia fornecer renda extra para agricultores, sem comprometer as culturas já existentes. São *habitats* para diversas espécies em risco de extinção, como o urso panda, o gorila-da-montanha, lêmures e morcegos. Trinta e quatro espécies de pássaros são conhecidas por depender dos bambus na Amazônia. Outro fator interessante, citado pelo INBAR, é que as pessoas se conectam com as casas de bambu em um nível muito básico, e *resorts* de bambu estão se tornando cada vez mais populares em diversos países, incluindo Austrália, Índia e China, principalmente porque as florestas de bambu, assim como coleções de bambu bem cuidadas, são ambientes únicos e dificilmente encontradas pela grande maioria das pessoas (INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN, 2013).

Desta forma, matérias-primas renováveis são produzidas pela natureza e transformadas pelo homem, e seu tempo de renovação pode ser de poucos anos até várias décadas, por isso, uma boa gestão de sua exploração assegura sua regeneração.

2.1.1. Bambu na China

Na China o bambu é uma planta muito versátil e oferece oportunidades únicas como recursos estratégicos para impulsionar a economia verde, ajudando a mitigar as mudanças climáticas.

O bambu fornece plataforma para novos desenvolvimentos, destacando-se a capacidade do seu emprego em projetos para motos e bicicletas, feitas de quadros de bambu, que se apresentam altamente robustas e que são usadas como meio de transporte ecológico sustentável (BARC 2017). A Figura 2 exemplifica o emprego do bambu em uma bicicleta montada no Brasil.

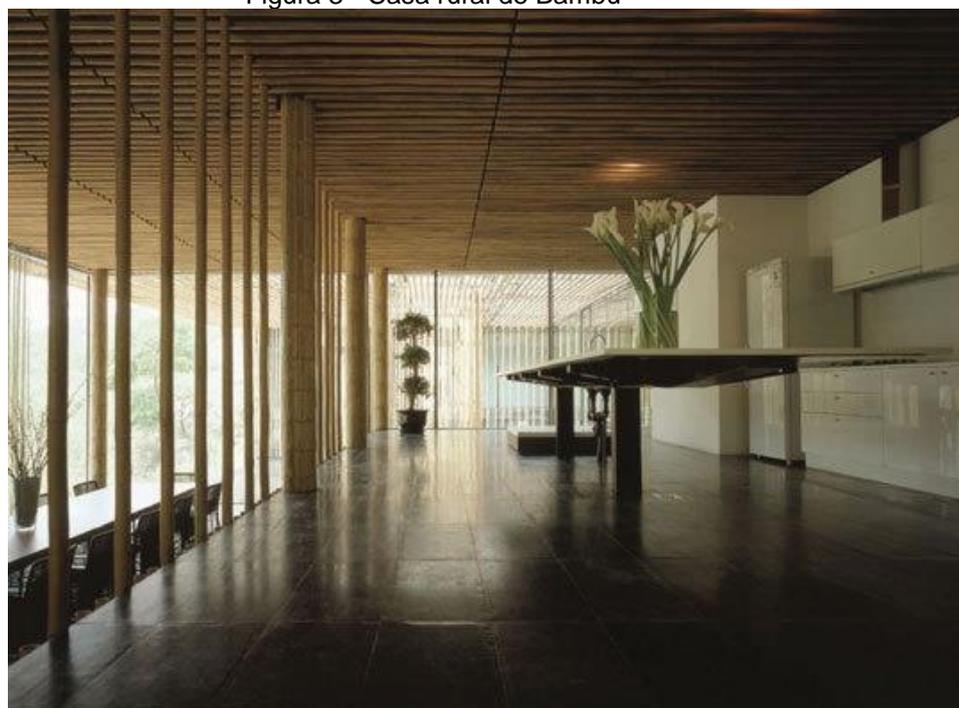
Figura 2 – Quadro de bicicleta com bambu.



Fonte: Tompson (2013)

Como aplicação do bambu na construção civil, em 2002, foi construída uma casa nos arredores de Pequim, situada num condomínio de 100 unidades projetado por dez arquitetos asiáticos perto da Muralha da China. Desenhada pelo escritório japonês Kengo Kuma & Associates, medindo 720 m², essa emprega o bambu - abundante na região - nos pilares, no piso e no forro, Figura 03.

Figura 3 - Casa rural de Bambu



Fonte – Kengo Kuma & Associates (2017)

2.2. O Bambu na América Latina

Na América Latina há países como Colômbia, Equador, Peru e Chile que têm o bambu como elemento tradicional na sua cultura e outros países têm praticado a introdução e exploração do bambu, como a Costa Rica, através do *Proyecto Nacional de Bambú*. No Equador foi desenvolvido um importante programa social denominado “Hogar de Cristo”, Figura 4, que visa suprir a deficiência de moradias para a população de baixa renda, por meio da industrialização na produção de casas em bambu, (TALLER, 2013).

Desse modo, os descendentes desses nativos apenas continuaram (e com certeza aprimoraram) o uso da tecnologia da construção com bambu, combinando os conhecimentos ancestrais com as novas tecnologias aportadas pelo desenvolvimento de equipamentos mais adequados para processar o bambu.

Figura 4 - Casa popular edificada com bambu pelo Programa Social "Hogar de Cristo"



Fonte – Hogar de Cristo (2018)

2.2.1. Bambu na Colômbia

No continente sul-americano a Colômbia é o país que mais se destaca no cultivo, manejo, processamento e aplicação do bambu.

Na Colômbia a Universidade Tecnológica de Pereira (UCP), é considerada referência em estudos com bambu, tendo o intuito de conhecer métodos de propagação e as múltiplas aplicações da planta

“*La Vieja*” é até o momento o maior edifício do “Colégio de *las Águas de Montebello*”, o projeto principal da *Fundación Escuela para la Vida para Montebello*, Cali, Colômbia, Figura 5. Esta grande obra de riqueza arquitetônica

será uma das principais construções em bambu de toda a América Latina, e com ela espera-se revalorizar este material e mostrar ao mundo suas várias possibilidades. O projeto está sendo levantado desde o ano de 2012 pelos jovens de *Montebello* e por vários voluntários internacionais, que capacita a comunidade, ressaltando sobre os recursos escassos, enquanto a escola é construída, sempre com base em critérios de desenvolvimento social e sustentabilidade ambiental. Um bom modelo de transferência de conhecimento, *learn by doing*, através do uso de materiais locais.

Figura 5 – Modelo de aplicação do bambu na edificação de uma escola



Fonte: Franco (2014)

O “Colégio de *las Águas de Montebello*” compreende uma série de sete edifícios, e, uma ponte construída em bambu *Guadua Angustifolia*, em uma linguagem arquitetônica moderna e inovadora. Para cada um foi usado um sistema estrutural distinto e foram testados diferentes detalhes construtivos e tipos de junções. Também, experimentou-se combinar a *Guadua* com outros materiais, tais como madeira, aço, tijolo, concreto, argila, etc.

Por falta de recursos, o projeto de Andrés Böppler y Greta Tresserra teve sua construção interrompida, iniciando uma campanha de arrecadação de fundos em que todas as pessoas interessadas em ajudar este projeto social e sustentável podem fazer sua contribuição.

O edifício de 3 pavimentos usa o bambu como único material estrutural. Abrigará novas salas de aula, administração, banheiros e armazém no térreo e primeiro pavimento, e a biblioteca, sala de estudo e espaço multifuncional no segundo pavimento. Cada nível tem uma área de cerca de 330 m² e se organiza ao redor de um pátio central. A cobertura é um quadrado de 24 x 24 metros em quatro águas, apoiado por 16 torres de 10 metros de altura, os "cincopoles", Figura 5, montados conforme as Figuras 06 a 08.

Figura 6 – Detalhe da montagem das “cincopoles”



Fonte: Franco (2014)

Figura 7 – Detalhe da colocação de cada “cincopoles”



Fonte: Franco (2014)

Figura 8 - Detalhe da montagem da estrutura da cobertura (cincopoles).



Fonte: Franco (2014)

Os “cincopoles” são formados por cinco pilares de bambus que saem do solo de um mesmo ponto e vão se abrindo organicamente para receber a carga da cobertura de maneira homogênea, permitindo, assim, uma planta muito livre. As paredes são formadas por uma estrutura regular de pórticos (viga-coluna) com vãos de 5 e 7 metros, com reforço de diagonais em sentido longitudinal e transversal.

As duas estruturas (cobertura e paredes) são independentes e estão espaçadas de forma que cada uma possa se deformar de acordo com sua geometria sem colidir ou interferir sobre a outra, e assim aproveitar ao máximo a flexibilidade magnífica do bambu, muito importante, veja Figura 08.

Na cobertura são instaladas mantas de isolamento térmico e para eliminar a infiltração de água sobre a trama de varas de bambu. As fachadas são revestidas com esteiras e cobertas com uma mistura empregando base de cal e argila do mesmo local onde se realiza a obra, como as tintas à base de água e pigmentos naturais, que não contém nenhum produto químico. A Figura 9 apresenta detalhes construtivos da cobertura e do interior da construção.

Figura 9 - (a) uso da esteira de palha para a cobertura, e (b) paredes e fachadas de bambu.



Fonte: Franco (2014)

E por que o bambu? Porque é um excelente material de construção, com propriedades físicas e mecânicas comparáveis ao aço, com especial resistência a esforços de flexão e tração, muito importante para construções em áreas de alto risco sísmico como a Colômbia.

Na Colômbia, depois do terremoto de janeiro de 1999, extensas áreas residenciais de classe média foram destruídas, mas as casas de bambu permaneceram de pé. O bambu é capaz de absorver elevada porcentagem de energia, tornando-se seguro quando utilizado em zonas sujeitas a abalos sísmicos, por apresentar maior capacidade de deformação antes da ruptura, o que permite avaliar as tensões existentes (BERALDO, 2008).

A *Guadua Angustifolia* é uma das espécies de bambu mais fortes do mundo, nativa dessa região e que tem sido usada ancestralmente por diversas comunidades de todo o país; se trata, portanto da recuperação e revalorização de um material próprio da arquitetura vernacular do país, além de uma pegada de carbono muito baixa no seu uso.

E em relação aos benefícios ambientais, a lista é grande: os bosques de *Guadua* regulam a água dos leitos dos rios; consomem carbono e produzem oxigênio, de maneira que contribuem para a diminuição das mudanças climáticas; controlam a erosão do solo; atraem a fauna e a flora enriquecendo o ecossistema; fornecem matéria orgânica; regulam os níveis de água em bacias hidrográficas; e conservam a biodiversidade. Além disso, o bambu se reproduz permanentemente e cresce muito rápido (até 20 cm por dia), tornando-se um recurso altamente renovável e que pode muito bem substituir a madeira,

ajudando na preservação de bosques e florestas escassas ou que estão em vias de extinção.

2.3. Bambu no Peru

O Peru possui uma das maiores áreas de bambu nativo do mundo, desta forma o Ministério de Agricultura, através da Direção Geral de Competitividade Agrária, traçou como meta o Plano Nacional de Promoção de Plantações de Bambu, de 500 mil hectares em âmbito nacional até o ano de 2020, buscando a conscientização junto a governos regionais, locais e empresas privadas, associação de produtores, organizações não governamentais, comunidades camponesas e nativas, Figura 10, e demais instituições ligadas ao setor agropecuário CUEVA (2011).

Figura 10 – Casa de Bambu no Peru



Fonte: Garcia (2018)

As autoridades do Ministério da Agricultura consideram ainda como prioridade, a promoção e a transferência de tecnologia como uma atividade de inovação e de conhecimento, e que deve ser orientado por profissionais e beneficiários em geral tornando uma tarefa estimulante que possam promover a assistência técnica, capacitação, manuais, confecções de boletins, folhetos, organização de oficinas, seminários, e mesas redondas para as discussões.

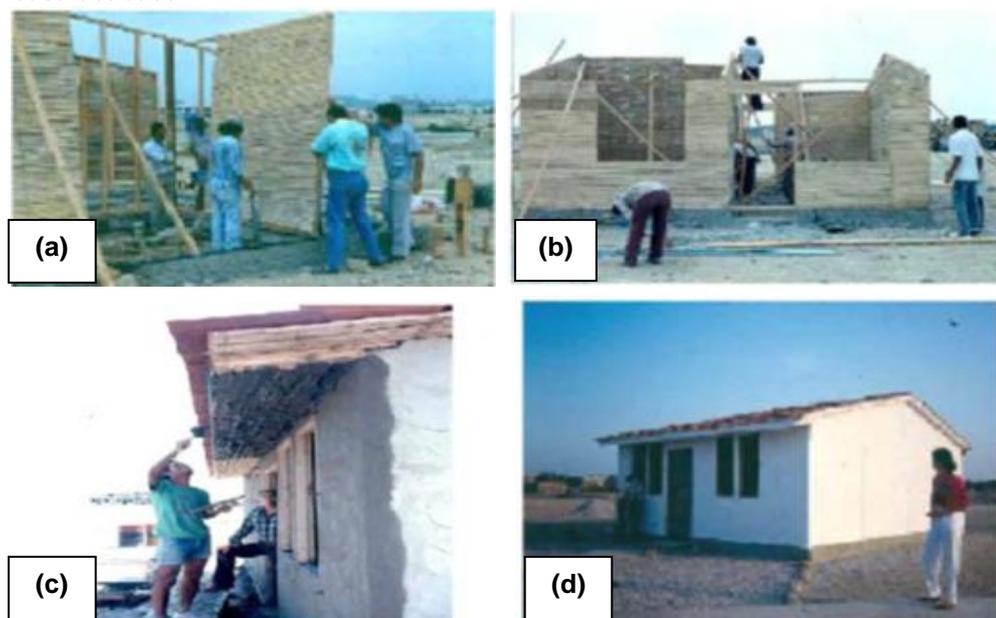
No que tange aos boletins, tratam especificamente sobre o bambu, informando sobre a biologia, o cultivo, o manejo e usos deste vegetal no Peru,

formando um suporte para fortalecer os conhecimentos em amplos os aspectos do cultivo e propagação da planta, espécies, podas, colheita e usos artesanais e potenciais industriais aplicadas as condições de cada produtor; produzindo bambus de qualidade, longos de entrenós, paredes espessas, talos retilíneos e resistentes ao ataque de pragas, fungos e insetos xilófagos, com um critério de sustentabilidade, desta maneira, melhorar as condições sócio econômica e proteção do meio ambiente para um manejo planejado dentro dos recursos hídricos em torno da proteção no nosso maior patrimônio e amigo “nosso meio ambiente”.

2.4. Bambu no Equador

No Equador um salto tecnológico na construção de paredes de bambu deu-se com o uso do cimento Portland e cal nas argamassas de revestimento, utilizando-se para isso réguas aparelhadas, parafusos, pregos e arames nas amarrações, assim como a adição de pinturas, resultando em um acabamento similar às edificações convencionais de alvenaria. A Figura 11 apresenta a seqüência de uma construção de residência no Equador empregando o bambu como elemento construtivo principal.

Figura 10 - Sequência de construção de residência: (a) o uso dos painéis pré-moldados de bambu. (b) montagem da dos painéis. (c) aplicação do reboco nos painéis. (d) layout da casa acabada.



Fonte: Padovan, (2010) apud Botero (2005)

Segundo Hidalgo-López (2003), por questões culturais, os ocidentais – diferentemente dos asiáticos – não gostam de ver expostas as estruturas de bambu, pois somente as populações mais pobres não possuem suas casas rebocadas. A Figura 12 ilustra as primeiras construções de bambu no Equador que se tem registro.

Figura 11 - Casa feita de bambu pelos antepassados na costa do Equador



Fonte: Hidalgo-López (2003)

2.5. Bambu no Brasil

O Brasil é o país com maior diversidade em espécies de bambu nas Américas, com 34 gêneros e 232 espécies, das quais 75% (174 espécies) são consideradas endêmicas (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004).

Embora o País tenha reservas naturais do material e condições de plantio, o bambu ainda não é muito utilizado aqui. Segundo um levantamento feito pelo INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), só no Estado do Acre 38% das florestas é composto por bambuzais naturais. "E temos grandes áreas de bambu também na região do parque de Foz do Iguaçu e às margens de alguns rios do Pantanal", segundo Dr. Antônio Ludovico Beraldo, professor da UNICAMP em reportagem a Giuliana Capello (TÈCNE 2006).

As pesquisas, no entanto, estão apenas no início. Calcula-se que das cerca de 1.300 espécies desse tipo de gramínea existentes no mundo, 400 delas são encontradas no Brasil. "O número é impreciso porque ainda faltam

levantamentos nessa área", afirma Pereira, (2006) professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP, em Bauru/SP.

Além de fazer parte da típica paisagem rural brasileira, tais bambus começam a despertar o interesse econômico junto a diversas empresas. Pode-se citar, por exemplo, em Coelho Neto, no estado do Maranhão, as imensas plantações de *Bambusa vulgaris Schrad*, pertencentes ao grupo João Santos (Itapagé), destinadas à produção de celulose para a fabricação de sacarias industriais, principalmente para sacos de cimento.

Outros gêneros de bambus foram introduzidos mais recentemente ao Brasil, trazidos por imigrantes asiáticos (gêneros *Sasa* e *Phyllostachys*). Cabe destacar que tais bambus, de crescimento alastrante, atualmente constituem-se em importante fonte de renda para agricultores, artesãos e construtores em bambu.

Alguns estudos vêm sendo realizados acerca de formações de bambu no Estado de Minas Gerais (OLIVEIRA-FILHO *et. al.*, 1994) e principalmente no Estado do Acre em Florestas Abertas, onde é frequente a ocorrência de alta densidade de bambus (SILVEIRA *et. al.*, 2003; NELSON, *et. al.*, 2002; MIRANDA *et. al.*, 2002).

Trabalhos realizados na Mata Atlântica associam a ocorrência de bambus com clareiras (Tabarelli & Mantovani, 2000), definidas como aberturas no dossel, causadas pela queda natural de árvores ou derrubada feita pelo homem. Nesses ambientes de clareira os bambus seriam competidores das espécies pioneiras, agindo muitas vezes como inibidores destas. Segundo Tabarelli & Mantovani (1999), nas clareiras com mais de 30% de cobertura de bambu, a densidade e a diversidade de pioneiras é menor. Para esses autores, a altura do dossel adjacente e a cobertura de bambu funcionam como barreiras à chegada de luz solar direta ao chão das clareiras, podendo afetar a germinação, o crescimento e a sobrevivências das pioneiras.

A importância ambiental dos bambus é imensa, principalmente quando estão se desenvolvendo em seu ambiente natural. Porém, até mesmo em plantações e grandes cultivos, os bambus são capazes de oferecer muitos benefícios ao ambiente (GRECO; CROMBERG, 2011).

A crescente escassez dos recursos naturais, associada ao desenvolvimento de novas tecnologias, vem incentivando as pesquisas com

materiais alternativos, visando à preservação da natureza e à melhoria da qualidade de vida do homem (RIVERO, 2003). Segundo Lima (2006), muitos materiais naturais tiveram sua importância elevada em função das reais possibilidades de renovação de suas reservas e sua biocompatibilidade, como a facilidade de sua absorção pela natureza quando descartados.

Ensaio feitos em universidades mostram que os mais indicados para uso estrutural são bambus pertencentes aos gêneros *Guadua* (conhecido no Brasil como *Taquaruçu*), *Dendrocalamus* (denominado bambu gigante ou Bambu balde) e *Phyllostachys pubescens*. "Esses são os que apresentam melhores propriedades físicas e mecânicas e por isso são os mais adequados", diz Celina Llerena (2006), que explica que os colmos dos bambus têm uma fração fibrosa estrutural que representa até 70% de sua massa. Tal característica confere aos colmos elevada resistência mecânica à tração, compressão e flexão. Além disso, as estruturas são leves, resistentes e flexíveis. "Uma fita de bambu, quando comparada a uma de aço de iguais dimensões, tem maior resistência à tração", argumenta.

As espécies mais conhecidas e disseminadas de bambu são aquelas de origem asiática. Algumas delas foram introduzidas pelos colonizadores portugueses (principais gêneros: *Bambusa* e *Dendrocalamus*), tendo sido trazidas de suas possessões na Ásia. Atualmente, tais gêneros de bambus encontram-se disseminados por todo o território nacional, fazendo parte do ecossistema, servindo de proteção da fauna e preservando os lençóis d'água.

Comparado com a Colômbia e o Equador, o Brasil encontra-se ainda em clara desvantagem no tocante ao uso e na aceitação do bambu junto à população. Uma hipótese provável para esse possível "atraso" tecnológico refere-se à direção segundo a qual se processou a colonização desses países, ou seja, enquanto que o Brasil foi colonizado via Oceano Atlântico, a Colômbia e o Equador o foram pelo Oceano Pacífico. Portanto, quando os espanhóis iniciaram a colonização de seus territórios na América do Sul, já se defrontaram com verdadeiras fortalezas construídas pelos nativos, feitas com o bambu *Guadua*.

Segundo Carneiro (2001), as principais transformações brasileiras no campo são identificadas, por um lado, pela crescente tendência à expansão das ocupações não agrícolas, definida como pluriatividade, por populações que

habitam áreas até então reconhecidas como rurais e, enquanto tais, predominantemente agrícolas ou, por outro lado, pela manifestação de práticas culturais que são expressões da construção de novas identidades sociais.

Com este esforço a pesquisa procura implementar e demonstrar a importância de se buscar entender o meio rural brasileiro como um espaço mais amplo que o espaço agrícola e, nesse sentido, como "*locus*" de outros projetos econômicos e sociais. Isto é, o que vêm mostrando diversos trabalhos do Projeto Habitacional Unifamiliar, hoje uma importante contribuição para a renovação de estudos rurais brasileiros.

Portanto um aspecto fundamental para o desenvolvimento e visando atender o déficit habitacional de vilas e núcleos rurais refere-se à implantação de programas habitacionais unifamiliar para o campo, visto que a qualidade de vida do trabalhador não se limita apenas ao acesso à terra.

Os conflitos sociais e ambientais, a baixa qualidade de moradia urbana ou rural e sua implantação, além dos movimentos reivindicatórios não permitem que o problema continue sendo ignorado ou remetido a outras esferas de governo como sempre foi, declara MARICATO (1995).

Deste modo, o emprego do bambu para construção de moradias de interesse social pode ser uma alternativa de uso desta fonte renovável ainda não aproveitada.

2.5.1. Regulamentação do Bambu no Brasil

Em 2011 o Governo Federal sancionou uma lei de incentivo ao plantio do bambu - Lei Federal 12.484 (Brasil, 2011), que dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências, o que sem sombra de dúvida irá despertar o interesse empresarial visando à implantação do plantio do bambu em grande escala, provavelmente para fins de obtenção, em uma primeira etapa, de biomassa energética.

Deve-se lembrar de que uma iniciativa similar, na década de 1960, estimulou o plantio do eucalipto e do pinus no território nacional. E hoje produtos

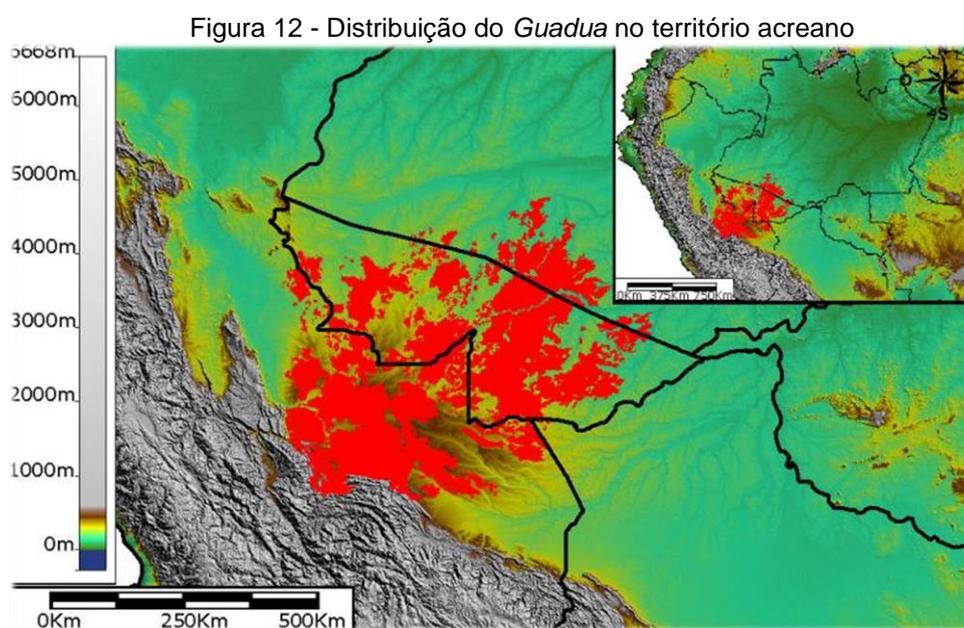
à base dessas duas madeiras respondem por substancial parcela no agronegócio brasileiro, empregando milhares de pessoas.

Para confirmar de vez o apoio governamental, em recente missão à China, o Governo Federal firmou um acordo de cooperação técnica, justamente para parcerias com um velho conhecido dos chineses – o bambu!

2.6. O Bambu no Estado do Acre

2.6.1. As florestas abertas com bambu no sudoeste da Amazônia

No Estado do Acre a principal ocorrência de bambu é da espécie *Guadua*. Esta espécie nativa é componente natural da floresta amazônica na região do Alto Amazonas, numa taxa de aproximadamente 11% da cobertura florestal. Pelo menos 38% das florestas do Acre são compostas por três variedades de bambus, todas com potencial comercial e industrial, especialmente o *Guadua* (SILVEIRA, 2011). O mapa da Figura 13 dá uma ideia da extensão dessa espécie de bambu no Estado do Acre.



Fonte: BIANCHINI, 2005

Com mais de 600 mil hectares de tabocais, o Acre, junto com regiões vizinhas da Bolívia e do Peru, possui a maior área de bambu nativo de todo o mundo (Figura 13). Outra espécie que ocorre no acre e que apresenta bom desenvolvimento, mesmo sendo uma espécie exótica é o *Bambusa vulgaris*, que

é largamente utilizada para paisagismo e jardinagem, sendo necessários ainda estudos que possam indicar através de sua caracterização física e mecânica a viabilidade desta matéria prima para demais usos (DIXON, 2012).

O *Guadua weberbaueri* Pilger é uma espécie de bambu que ocorre a 1.500 m de altitude na cordilheira dos Andes (CLARK, 1995), desce o piemonte na região de Pucalpa ao norte, até Puerto Maldonado mais ao sul, no Peru, penetrando em território brasileiro através dos interflúvios colinosos das terras baixas no Acre, ocupando grandes clareiras e dominando o dossel das florestas. Esta espécie tem um ciclo de vida estimado entre 29-32 anos (SILVEIRA, 1999), após o qual floresce e morre, depositando toneladas de material morto no solo em um espaço de tempo curto (TOREZAN e SILVEIRA, 2000).

O ciclo de vida desta espécie pode afetar o funcionamento do sistema, já que a deposição do material morto provavelmente tem implicações sobre a produtividade primária, fluxo de energia, decomposição, ciclagem de nutrientes e a microbiota do solo (SILVEIRA, 2001), sendo um elemento oportuno para análises de relações espécie-ecossistema (GRIMM, 1995).

A vegetação na região sudoeste da bacia Amazônica é caracterizada pela ocorrência de florestas de transição entre a Amazônia e áreas extra-amazônicas, predominando nesse cenário, a Floresta Ombrófila Aberta. Esta tipologia florestal é marcada pela abundância de palmeiras, cipós ou bambus no dossel normalmente aberto, o que permite o reconhecimento de fácies desta floresta (VELOSO *et. al.*, 1991).

O bambu ocorre em cinco, dentre as onze tipologias florestais identificadas no Acre (GOVERNO DO ESTADO DO ACRE, 2000). A floresta com bambu dominando, a floresta com bambu mais floresta com palmeiras, a floresta com bambu mais floresta densa e a floresta com bambu em área aluvial, representam 38% da cobertura florestal do Acre. A floresta com palmeiras mais floresta com bambu representa 21% da vegetação.

As primeiras observações sobre a fisionomia da floresta com bambu foram efetuadas por Huber (1904), durante viagem exploratória ao alto Solimões e principais afluentes.

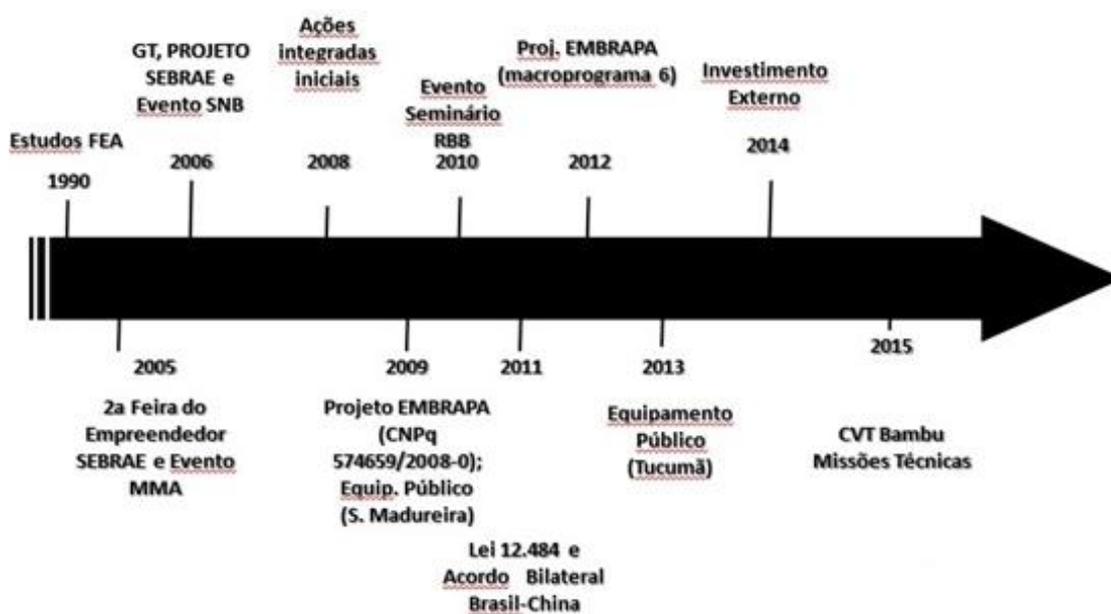
As espécies do gênero *Guadua* em geral apresentam espinhos nos colmos e ramos, e assim como outros bambus são semelparas (um único evento de reprodução sexuada) e monocárpicas (morrem após esse evento) (SILVEIRA, 2001).

Atualmente são conhecidas no mundo 1.439 espécies de bambu distribuídas em 121 gêneros (*Bamboo Phylogeny Group*, 2012), sendo o Brasil o país com a maior diversidade do continente americano (Grombone-Guaratini *et. al.*, 2011). O gênero *Guadua*, conhecido como o bambu tropical, é o mais importante economicamente. Originário da América do Sul, estende-se até os Andes venezuelanos e ao sul da fronteira entre o Equador e o Peru. Cultivado no Brasil, pode atingir 30 metros de altura e entre 15 e 20 centímetros de diâmetro (Marulanda *et. al.*, 2005). Seus usos estão associados a construção civil, produção de lenha, fabricação de artesanato e moveis, e proteção de solo e de fontes de água (DRUMOND, *et. al.*, 2017).

2.6.2. Cadeia Produtiva em Rio Branco/AC

Os estudos são recentes no Estado do Acre com relação a cadeia produtiva do bambu, como pode ser verificado na Figura 14, conforme informações da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre – FUNTAC, de 2015.

Figura 13 - Fluxograma da cadeia produtiva do bambu no Acre.



Fonte: FUNTAC 2015

O Acre tem 87% de seu território coberto por florestas, de acordo com dados da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA, 2017). Desse total, ao menos 36% é de árvores da espécie bambu, o que representa 600 mil hectares.

Diante dessa vasta incidência da espécie, o governo do Acre, por meio da Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC), do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e do Governo Federal, por meio do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), investe em pesquisas e fomento ao beneficiamento da planta, que tem diversas utilizações na construção civil, na fabricação de móveis, utensílios de uso domésticos e até mesmo acessórios como capas de celulares.

Dixon *et. al.* (2015) afirmam, no entanto, que no Brasil inexitem cadeias produtivas sistematizadas devido à pontualidade e caráter informal de ações e atividades para o setor. Com isso não é possível considerar tais cadeias produtivas como processos sistemáticos e contínuos a ponto de denominá-las como atividade produtiva consolidada.

Os mesmos autores sustentam também que devido a alta flexibilidade e diversidade de utilização como matéria prima o bambu serve de elemento base para diferentes cadeias produtivas.

No Acre já há edificações que fazem uso do bambu nas estruturas, como, por exemplo, os quiosques localizados no Parque Tucumã (Figura 15). A inovação foi proposta pela equipe do gabinete da primeira-dama Marlúcia Cândida, dando um diferencial arrojado e moderno à obra, que integra um dos cartões-postais da capital acreana.

Figura 14 - Quiosque do Parque Tucumã, em Rio Branco.



Fonte: Vale, 2016

Para aprimorar conhecimentos e aprender com a experiência dos países vizinhos no plantio e beneficiamento da espécie, uma equipe de técnicos do Estado do Acre, a convite do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) do Brasil e da Colômbia, estiveram no fim de maio de 2017 na Colômbia, participando de uma missão técnica.

O objetivo deste estudo/missão foi conhecer a estrutura populacional e indicar usos para *Guadua cf. superba*, com base nas propriedades anatômicas do colmo (haste com nós e entrenós bem visíveis). A população estudada está localizada na Reserva Extrativista Chico Mendes, no Acre. Foi realizado um levantamento amostral e demarcada uma parcela de 1ha, onde foi avaliada a estrutura da população e coletados segmentos de colmos para testar a resistência do material à deterioração natural e a esforços físicos-mecânicos.

Os resultados mostraram uma elevada densidade e dominância do bambu e equilíbrio entre o número de colmos jovens e maduros. As provas realizadas denotaram a baixa resistência do material ao ataque de agentes biológicos e à abrasão, porém com grande estabilidade dimensional. Assim, esse material pode ser usado para confecção de painéis e produtos derivados que não exijam dureza elevada. No entanto, para outros usos, como a fabricação de pisos, que exigem maior resistência mecânica na superfície, os colmos devem ser transformados em madeira maciça por meio de processamento industrial para adquirir a resistência necessária, (DIXON, 2017).

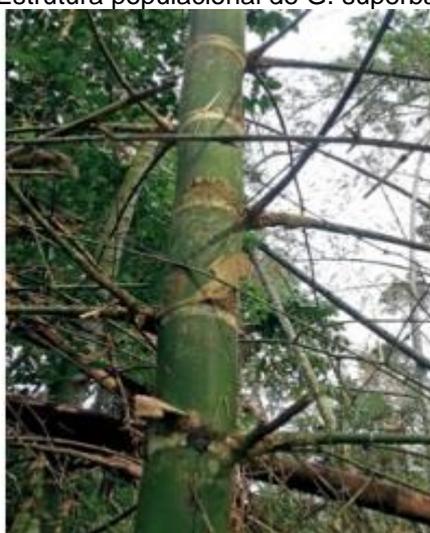
Conclui-se que a população estudada apresenta características que favorecem a produção sustentável e pode fornecer material para diversos usos. Mas é necessária a realização de tratamentos de preservação e imunização para aumentar a sua durabilidade.

A população em estudo está localizada na Reserva Extrativista Chico Mendes, no município de Brasileia, próxima a divisa com Assis Brasil, tendo como ponto de referência as coordenadas geográficas S10°43'02,2" W69°24'06,5". O acesso a área é feito a partir do Km 85 da BR 317, percorrendo-se 15 km pelo ramal Santa Luzia.

A área de ocorrência da espécie está localizada as margens do Igarapé Paciente, afluente da margem direita do Rio Xapuri, na “colocação” Água Boa, comunidade do bambuzal, no antigo Seringal ETELVE. A floresta onde ocorre essa população de taboca grande, classificada como Floresta Aberta com Bambu, tem uma área de aproximadamente 17 ha. Apesar de dominante nessa área, essa espécie de bambu tem uma ocorrência restrita às áreas temporariamente alagadas, com predominância de argilosos.

Quanto a espécie, por suas características morfológicas e pela fisiografia da área onde ocorre, provavelmente se trata de *Guadua superba* Huber (Figura 16), conforme observações Hidalgo-Lopez (2003).

Figura 15 – Colmo de *Guadua* cf. *superba*, mostrando o ramo principal com dois ramos laterais, umas das características dessa espécie
Estrutura populacional de *G. superba*



Fonte: DRUMOND, WIELDMAN (2017)

Como já mencionado, foi realizado levantamento amostral na área de estudo, com a demarcação de uma parcela de 1 ha (100 x 100 m). Nessa parcela foi realizado um censo das touceiras e contados todos os colmos a partir de 3 cm de Diâmetro a Altura do Peito (DAP) e a altura total do colmo (m). Também foi registrado o número de colmos maduros, jovens (verdes) e o total (Figura 17).

Figura 16 – Inventário e coleta de amostras de *G. superba* na Reserva Extrativista Chico Mendes



Fonte: FUNTAC, 2017

Os dados do levantamento populacional da taboca grande na Reserva Extrativista Chico Mendes, mostram uma alta densidade e elevada dominância do bambu nessa área. Em média, cada uma das 82 touceiras encontradas ocupa uma área de cerca de 122m² e a vegetação associada ocupa, geralmente, os espaços entre as touceiras. Verifica-se que o número de colmos maduros é proporcional ao de colmos verdes, situando-se em um patamar aproximado de 50% (tabela 1). Essa é uma característica importante para o manejo, pois permite uma produção continuada de colmos. Com a evolução dos estudos, será possível estimar a extração anual de colmos de forma sustentável (MIRANDA *et al.*, 2017).

Tabela 1 – Levantamento populacional de *Guadua cf. superba* em parcela amostral de 100x100 m. Reserva Extrativista Chico Mendes (Seringal Etelvé), Brasília-AC

| Indicador | Nº de Touceira | Nº de Colmos | Nº de Colmos Verdes | Nº de Colmos Maduros | Nº de Colmos/ Touceira | DAP Colmos (cm) | Altura Colmos (m) |
|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <i>Mínimo*</i> | - | - | - | - | 3,00 | 3,18 | 4,00 |
| <i>Máximo*</i> | - | - | - | - | 63,00 | 24,10 | 38,00 |
| <i>Média**</i> | - | - | - | - | 19,43 | 10,76 | 24,85 |
| TOTAL | 82 | 1593 | 801 | 792 | - | - | - |

*Entre colmos, ** Entre Touceiras.

Miranda, *et. al.* | (2017)

A cadeia do bambu na Colômbia foi apresentada pela especialista Ximena Londoño, que há décadas estuda as mais variadas utilidades do bambu, bem como as diversas espécies que existem nas florestas daquele país sul-americano.

De acordo com os autores, a missão técnica iniciou na região colombiana do Triângulo do Café. “Aproximadamente 28% do eixo cafeeiro é constituído por bambu, e em toda a Colômbia há cerca de 50 mil hectares da espécie ‘*Guadua*’, muito parecida com a encontrada no Acre”, revelou também os técnicos brasileiros que o bambu é muito utilizado na confecção de peças artesanais, utilizados no paisagismo, na movelaria e na construção civil, o Coordenador da FUNTAC relata “Visitamos duas indústrias que trabalharam na produção de pisos, paredes e forros”.

2.6.3. Lanchonete da Universidade Federal do Acre

Outro exemplo de construção com o bambu, encontra-se no pátio da Universidade do Acre, Figuras 18 e 19, sendo esta construída em uma base de concreto, as paredes em bambu e toda a estrutura das vigas de taquara, apoiada em um pilar de 30cm x 30cm x 1m e suporte de metal fixado-a. Nesta edificação funciona uma lanchonete, cercada por uma vasta área verde e um lago natural. Todas as telhas são apoiadas nos bambus em forma de tesouras.

Figura 17 – (a) da maquete da treliça do telhado na exposição agrícola do em Rio Branco AC. (b) Lanchonete da Universidade.



Fonte: Mota (2017)

Figura 18 - Vista geral da lanchonete da Universidade Federal do Acre.



Fonte: Mota (2017)

2.7. Eficiência do Bambu para Uso na Habitação

O bambu também conhecido como “Aço Vegetal”, “Ouro Verde” na China e a “Madeira do Futuro”, vem e chega para quebrar preconceitos e paradigmas na população brasileira, onde meio século atrás, a maioria da população vivia no campo, e as necessidades humanas restringiam-se às necessidades básicas de sobrevivência normalmente atendidas pelas disponibilidades ambientais do entorno.

O IBGE aponta que a população rural brasileira é de 15,64% do total da população. Desta forma, seriam aproximadamente 35 milhões de habitantes. Já a população urbana, chega a 84,36% o que corresponderiam a 185 milhões de brasileiros. O Brasil é o país com o maior número de cidades do mundo, porém das 5.570 cidades, cerca de 4 mil cidades têm até 20 mil habitantes. Segundo Dias (2016) em seu blog, na década de 40 houve um êxodo rural associado a uma forte imigração de estrangeiros para o Brasil, no mundo do pós-guerra, assim, o país começou uma guinada na sua constituição social. Foi então que se iniciou uma série de esforços e políticas públicas de desenvolvimento industrial, atraindo mão de obra fácil em busca de melhoria da qualidade de vida.

A construção de uma sociedade sustentável passa por uma radical transformação, tanto nos padrões de consumo quanto nos processos de produção. Novas formas de morar e o desenvolvimento de tecnologias de construção diferenciadas são essenciais para esta mudança de padrões.

Segundo John (2001), “não há desenvolvimento sustentável sem construção sustentável”. Diante dessa constatação, tem sido a preocupação de alguns cientistas, engenheiros e arquitetos no desenvolvimento de técnicas que favoreçam a diminuição dos problemas ambientais, principalmente no que diz respeito ao problema da habitação. Tenta-se, assim, desenvolver pesquisas que envolvam o emprego de materiais alternativos de baixo custo na construção civil.

Neste contexto, como anteriormente destacado, o uso do bambu para construção de moradias de interesse social pode torna-se uma alternativa técnica e econômica no Brasil, especialmente na região Norte.

O uso do bambu em construção sempre foi utilizado por indígenas como material secundário em suas habitações; onde após a colonização, começou a ser usado pelos colonizadores como estruturas com terra chamada de “taipa de mão” ou “pau-a-pique”, formando um esqueleto com ripas na vertical e horizontal. Até os dias atuais este tipo de habitação é utilizado no interior do país, sendo uma solução para muitos brasileiros que não possuem condições para construir uma casa convencional (VASCONCELLOS, 2006).

Entretanto, a utilização deste material não convencional para a construção civil é praticamente irrisória, apesar de já existirem algumas iniciativas no Brasil em relação à construção civil tanto para casas populares, quanto para construções mais nobres. (TEIXEIRA, 2006)

De acordo com Sobral *et. al.* (2002), uma parte significativa da população utiliza madeira para construção civil da própria região Amazônica, e outra parte segue para usos comerciais da construção civil, com uso direcionado para andaimes, escoras, pisos, forros, janelas, portas, pequenas casas, canteiro de obra, construções pré-fabricas e carrocerias de caminhões, plataformas, pequenas travessias – pontes, escadas, suportes, estas estruturas em porcentagens diferenciadas.

O Brasil é suprido de uma vasta demanda de madeiras para todos os fins e meios, dentre os principais, temos em todas as regiões, mais especificamente na região sul, as florestas nativas de maior quantidade o pinho e a peroba. Com o passar dos anos as florestas extingue-se e recorre-se a regiões limítrofes, como o Paraguai e a Região Amazônica (FERREIRA, 2003).

A utilização do bambu como material de construção, substituindo integral ou parcialmente os materiais convencionais, como a madeira, pode contribuir para a diminuição dos desmatamentos de florestas nativas. O incremento no número de espécies de plantio para uso industrial, com inserção da cultura do plantio de bambu, pode diminuir o atual sistema da monocultura no país.

De acordo com Toledo Filho e Barbosa (1990), no Brasil, as espécies de bambu mais encontradas e adequadas para construção são: *Bambusa vulgaris* (de maior ocorrência, mas muito susceptível ao ataque de insetos); *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante); *Bambusa tuldoides* e *Bambusa*

arundinacea. A espécie *Gadua angustifolia*, apesar de ser praticamente desconhecida no Brasil (maior ocorrência na região Norte do país), representa um dos maiores potenciais para uso na construção (Quadros 1 e 2).

Quadro 1 - Características das principais espécies de bambu para construção e produção de componentes

| Nome Científico | Origem (principal) | Comprimento (cm) | Diâmetro (cm) | Características e usos |
|--------------------------------|---|-------------------------|----------------------|--|
| <i>Arundinaria sp.</i> | Índia e Nepal | 3,00-10,00 | 1,50-4,30 | Traçados para painéis de casas; coberturas e ligações; |
| <i>Bambusa arundinacea</i> | Índia | 25,00-30,00 | 15,00-20,00 | Paredes grossas; formas um pouco torcida; fortes e muito duradouras; 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 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; resistentes ao ataque de insetos; revestimentos para cobertura e painéis. |
| <i>Bambusa nutana</i> | Índia | 10,00-15,00 | 4,00-8,00 | Parede muito grossa; entrenós de 35 – 45 cm; substancia lenhosa forte; peças retilíneas, dura e muito apreciada; uso geral na construção civil |
| <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 cobertura. |
| <i>Bambusa textilis</i> | China | 14,10 | 5,00 | Entrenós longos com capa lenhosa bastante delgada; traçados para painéis. |
| <i>Bambusa tuldoides</i> | China, Brasil, Malásia e El Salvador | 19,10 | 5,00 | Uso geral da construção civil |
| <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 civil |

Fonte: Toledo Filho e Barbosa (1990)

O quadro 2, apresenta as principais espécies de bambu para a construção e produção de componentes.

Quadro 2 - Características das principais espécies de bambu para construção e produção de componentes

| Nome Científico | Origem (principal) | Comprimento (cm) | Diâmetro (cm) | Características e usos |
|----------------------------------|---|------------------|---------------|--|
| Dendrocalamus latiflorus | <i>Filipinas, Taiwan e Tailândia</i> | 3,00-10,00 | 20,00 | <i>Espessura nas paredes; 0,5-3,50cm; entrenós 20,00-70,00cm; uso geral na construção.</i> |
| Dendrocalamus strictus | <i>Índia, Birmânia e Tailândia</i> | 25,00-30,00 | 5,00-8,00 | <i>Bambu muito forte frequentemente maciço; uso geral na construção.</i> |
| Bambusa aculcata | <i>México ao Panamá</i> | 22,80 | 12,70 | <i>Entrenós relativamente curtos; substancia lenhosa espessura mediana, uso geral na construção.</i> |
| Bambusa amplexifolia | <i>Venezuela ao México</i> | 18,20 | 10,10 | <i>Entrenós relativamente curtos; colmos interiores semi-maciços.</i> |
| Bambusa angustifolia | <i>Brasil, Peru, Equador, Colômbia, Argentina ao Panamá</i> | 27,40 | 15,20 | <i>Entrenós relativamente curtos; espessura de até 2,00cm, utilizados em quase todos os componentes das casas. Muito resistentes ao ataque de fungos e insetos</i> |
| Bambusa superba | <i>Brasil</i> | 22,80 | 12,7 | <i>Uso geral na construção</i> |
| Melocanna bacifera | <i>Índia, Birmânia e Tailândia</i> | 15,20-21,30 | 3,80-7,60 | <i>Entrenós 30,48-50,80cm; peças retilíneas, paredes delgadas, porém fortes e duráveis. Material principal para construção de casas populares</i> |
| Phyllostachys bambusoides | <i>China e Japão</i> | 22,80 | 15,20 | <i>Peças retilíneas; substancias lenhosas de espessuras medianas, mais de excelentes qualidades; uso geral na construção.</i> |
| Phyllostachys edulis | <i>Taiwan</i> | 4,00-20 | 5,00-18,00 | <i>Uso geral na construção</i> |
| Thryostachys slamensis | <i>Tailândia e Birmânia</i> | 7,60-14-10 | 3,80-7,60 | <i>Paredes grossas entrenós 15,24-30,48cm; muito resistente e retilíneo.</i> |

Fonte: Toledo Filho e Barbosa (1990)

Segundo Klein (2010) em se tratando de construções com bambu, existem pouquíssimos profissionais que trabalham com este material na área da construção civil. Os profissionais que trabalham têm suas informações obtidas através de redes criadas na grande rede mundial de computadores ou bibliografias importadas e não nas universidades de engenharia civil e arquitetura. As normas ou padronizações de materiais e procedimentos técnicos inexistem.

Pode se ver como exemplo a Igreja arquitetada por Simón Vélez, Figura 20, e a casa demonstrativa realizada pela Rede Internacional do Bambu e Ratan - INBAR e pela Universidade Católica na cidade de Guayaquil, no Equador em 2004, Figura 21, e também da Casa construída por INBAR e parceiros no Parque do Bambu Púrpura, em Beijing, China, onde foi possível realizar um projeto, envolvendo parceiros diversos, na construção de um modelo sustentável de residência que possa ser apresentado à sociedade (INBAR, 2010).

Figura 19 – (a) Vista do interior da Igreja e (b) Fachada da Igreja edificada com bambu.



Fonte: Simón Vélez - 2010

Figura 20 - Casa de Bambu “Caña de Guayaquil”



Fonte: Ubidia, 2015

Em 2002, com iniciativa do Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Médias Empresas (SEBRAE), em parceria com a EMBRAPA Acre e Fundação de Tecnologias do Acre (FUNTAC) foram identificadas e caracterizadas as

espécies de bambus de ocorrência no estado do Acre. Esse projeto denominado de Taboca do Acre tem entre seus objetivos o cultivo e a domesticação dessa gramínea, visando à sua utilização como alternativa econômica por agricultores familiares e, nessa etapa, conta com a consultoria da Universidade de Brasília (UNB).

De acordo com o pesquisador da EMBRAPA Acre, Elias Miranda, o bambu é uma planta de predominante de áreas de várzeas. Um experimento implantado há três anos em uma propriedade rural de Rio Branco vem avaliando o desempenho da espécie em condições ecológicas distintas. "Observamos que em áreas mais úmidas a planta se desenvolve melhor. Isto indica que o bambu se adapta bem em diversos ambientes e diferentes tipos de solos", afirma.

O plantio experimental, formado por mudas coletadas em áreas nativas da região, aclimatadas em viveiro, também revelou que a produção de mudas para formação de novos cultivos é outro aspecto viável da cultura. O bom desenvolvimento do material transplantado indica a potencialidade de cultivo do bambu por agricultores familiares.

Para Miranda (2015), considerado uma matéria prima ecológica, o bambu desponta como alternativa sustentável para substituir a madeira em diversos setores (na construção civil, na fabricação de móveis e utensílios de decoração e em benfeitorias rurais). Além disso, serve como fonte de alimento para as populações (consumo de brotos) e atua de forma eficiente no resgate de CO₂, podendo contribuir para a redução do efeito estufa e oferta de serviços ambientais.

Contudo, o preconceito vigente no Brasil em relação ao bambu faz com que esta planta se torne esquecida e relegada a segundo plano. Desse modo, a eliminação de bambuzais é frequente em todo território nacional. Nos dias de hoje essas áreas são destruídas para em seu lugar produzir grãos ou criar bovinos. Isso, no entanto, prejudica o solo, e o bambu, ao contrário, ajuda a conservar os recursos naturais, produzindo oxigênio, reciclando a água de rios e lagos e limpando o solo de alguns elementos nocivos. O bambu é também um importante agente no controle da erosão, já que suas raízes formam uma rede subterrânea, impedindo erosões e dando firmeza a terra.

Quanto ao uso do bambu nas edificações como material de construção, nota-se que o acesso às informações a respeito desta matéria-prima é bastante difícil no Brasil. Há pouca bibliografia técnica e científica e quando existem, são edições estrangeiras ou desatualizadas.

Almeida (2004) diz a este respeito que: “a subutilização do bambu é ainda mais gritante se levarmos em conta a sua potencialidade, a diversificação das espécies existentes no Brasil, as condições ambientais que este país oferece ao seu cultivo e, sobretudo, a capacidade tecnológica dos nossos profissionais e das nossas instituições que atuam na área da construção civil”.

De acordo com Barbosa (2005), não se pretende de maneira nenhuma descartar os materiais de construção industrializados. Porém, no futuro, certamente os materiais não convencionais virão a ter uma participação muito maior no mundo da construção.

Barbosa (2005) complementa dizendo que “é preciso desfazer o mito de que estes representam materiais de pobres, e, pelo contrário, possam ser valorizados pela sustentabilidade que podem dar à engenharia e à arquitetura”.

2.7.1. A resistência mecânica do bambu

A função básica de uma estrutura seja de concreto, aço ou madeira é resistir a esforços de compressão, tração e cisalhamento ou a ação combinada dentre elas. Para que um sistema tenha a eficiência esperada e se comporte de forma íntegra e estável, a transferência de esforços entre seus elementos e componentes deve ser corretamente calculada de forma a garantir o equilíbrio e integridade do conjunto. “O bambu é um material que possui propriedades mecânicas compatíveis às dos materiais utilizados em estruturas de concreto armado” (LIMA Jr. *et. al.*, 2000).

Segundo Ghavami e Barbosa (2007), as características de resistência mecânica dos bambus de maior interesse no campo da engenharia são: resistência à tração, resistência à compressão, e a resistência ao cisalhamento.

De fato, a resistência específica das fibras do bambu é comparável ao aço, que tem uma densidade quase de dez vezes maior. Em média a densidade do bambu varia de 800 a 950 kg/m³ (GHAVAMI e BARBOSA, 2007).

Além da resistência mecânica, a sua flexibilidade também é uma das explicações para a larga utilização do bambu em construções na Ásia oriental, região com grande incidência de abalos sísmicos e incidência de fortes ventos.

Devido ao reduzido peso e à flexibilidade natural do bambu 49 templos, pontes e casas podem ficar intactos mesmo após abalos e tempestades significativos (VASCONCELLOS, 2000).

Segundo estudos, testes e ensaios para determinação de valores da resistência do bambu, realizados por Ghavami e Marinho (2005), foi possível montar as Tabelas 2 e 3, com os resultados em termos de resistência última, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson, relativos aos esforços de tração e compressão aplicados à uma determinada espécie, neste caso, a *Guadua angustifolia*.

Resistência à tração

A Tabela 2, aponta os dados referentes à resistência à tração (σ_t), módulo de elasticidade (E) e coeficiente de Poisson (μ). Os dados foram obtidos com os nós e sem os nós de partes da base, do centro e do topo do colmo.

Tabela 2 - Resistência, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson para o *Guadua angustifolia*, à tração.

| Parte do bambu | Resistência à tração (σ_t) (MPa) | Módulo de Elasticidade (E) (GPa) | Coefficiente Poisson (μ) |
|----------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| Base sem nó | 93,38 | 16,25 | 0,19 |
| Base com nó | 69,88 | 15,70 | ----- |
| Centro sem nó | 95,80 | 18,10 | 0,25 |
| Centro com nó | 82,62 | 11,10 | ----- |
| Topo sem nó | 115,84 | 18,36 | 0,33 |
| Topo com nó | 64,26 | 8,00 | ----- |
| Valor médio | 89,96 | 14,59 | 0,26 |
| Variação | 64,26 - 115,84 | 8,0 - 18,36 | 0,19 - 0,33 |

Fonte: Ghavami e Marinho, 2005

Resistência à Compressão

Com referência aos testes de tensão axial de compressão, foi elaborada outra tabela, com o módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson (μ). Da mesma forma, estes também foram submetidos aos ensaios corpo de prova com

nós e sem nós de partes da base, meio e topo de colmos de bambu, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Resistência, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson para o *Guadua angustifolia*, à compressão

| Parte do bambu | Resistência à compressão σ_t (MPa) | Módulo de Elasticidade-E (GPa) | Coefficiente Poisson μ |
|----------------|---|--------------------------------|----------------------------|
| Base sem nó | 28,36 | 14,65 | 0,27 |
| Base com nó | 25,27 | 9,00 | 0,56 |
| Centro sem nó | 31,77 | 12,25 | 0,36 |
| Centro com nó | 28,36 | 12,15 | 0,18 |
| Topo sem nó | 25,27 | 11,65 | 0,36 |
| Topo com nó | 31,77 | 15,80 | 0,33 |
| Valor médio | 29,48 | 12,58 | 0,34 |
| Varição | 25,27 – 34,52 | 9,00 – 15,80 | 0,18 – 0,56 |

Fonte: Ghavami e Marinho, 2005

Tensão ao Cisalhamento

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados para cada parte específica (base, centro e topo do colmo, com os nós e sem os nós), relativa ao esforço de cisalhamento na espécie *Guadua angustifolia*.

Tabela 4 – Tensão de cisalhamento do Bambu

| Parte do bambu | Tensão de cisalhamento τ (MPa) |
|----------------|-------------------------------------|
| Base sem nó | 1,67 |
| Base com nó | 2,20 |
| Centro sem nó | 1,43 |
| Centro com nó | 2,27 |
| Topo sem nó | 2,11 |
| Topo com nó | 2,42 |
| Valor médio | 2,02 |
| Varição | 1,43 – 2,42 |

Fonte: Ghavami e Marinho, 2005

Destaca-se, com base no que foi apresentado, que as amostras sem os nós apresentam uma maior resistência e que não há variações significativas entre as partes da base, do meio e da ponta. Por outro lado, nos corpos de prova com os nós a resistência é consideravelmente menor e há grande variação nos resultados.

Por ser uma matéria-prima natural, sem o rigoroso controle de produção industrial no seu crescimento, por razões lógicas, uma mesma espécie pode apresentar grandes variações em testes idênticos nas mesmas condições de temperatura, umidade e pressão.

Apesar de também existirem grandes variações de resistência entre uma espécie e outra, o estudo comprovou o grande potencial deste material ecologicamente correto, que pode ser exposto às mais variadas gamas de solicitações.

De acordo com ensaios de cisalhamento, Moreira (1991) obteve uma tensão média de 7,0 MPa para corpos de prova do bambu *Dendrocalamus giganteus*, enquanto Ghavami e Souza (2005) encontraram o valor de tensão de cisalhamento médio de 3,1 MPa, para a mesma espécie de bambu estudado.

Conforme já mencionado nas Tabelas 2, 3 e 4, os nós, ao longo de um colmo, dão rigidez à esta estrutura para resistir a tendência de flambarem lateral, pois os colmos dos bambus são bastante esbeltos.

Todas as características mecânicas conferem ao bambu um equilíbrio estrutural natural, detalhes que possam parecer fragilidade em certo ponto de vista, em outra análise confirmam uma resistência característica que equilibra todo o conjunto. Diante das variáveis inconstantes e imprevisíveis, o ideal e recomendado é que sejam realizados ensaios de resistência para cada lote de bambu a ser utilizado, a fim de que se faça um cálculo estrutural mais preciso e não ocorram imprevistos.

2.7.2. O Aço Vegetal

O Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR em parceria com a Universidade Estadual de Londrina – UEL, realizaram uma pesquisa que comparou o bambu ao aço, denominando-o como um aço vegetal, baseado nos resultados das Tabelas, 5 a 7.

“Analisou-se um comportamento em ensaios em experiências particular de pesquisa utilizando o vegetal produzido – mudas da região da China, no campus do IAPARL e o curioso destacou-se resultados

de acordo com os tipos de bambu da compressão, tração, flexibilidade e torção”.

Tabela 5 – Valores médios da resistência à compressão de várias espécies de bambu.

| Espécie de bambu | Resistência à compressão (MPa) | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|------------|-------|
| | Com Nó | ± (%) | Sem Nó | ±% |
| <i>Dendrocalams Asper</i> | 1,15 | 5,2 | 49,84 | 4,5 |
| <i>Bambusa Beecheyana</i> | 50,16 | 6,8 | 48,2 | 5,1 |
| <i>Dendrocalamus Giganteus</i> | 48,27 | 3,5 | 46,32 | 3,2 |
| <i>Bambusa Oldhamii</i> | 72,17 | 6,1 | 70,04 | 3,8 |
| <i>Bambusa Tulda</i> | 75,18 | 7 | 72,75 | 4,8 |
| <i>Guada Angustifolia</i> | 45,45 | 4,3 | 42,17 | 3,1 |
| <i>Bambusa Nutans</i> | 47,63 | 4,7 | 47,38 | 4,4 |
| <i>Bambusa Vulgaris</i> | 50,4 | 6,7 | 48,42 | 5,6 |
| <i>Arundinaria Amabilis</i> | 38,35 | 5,4 | 38,2 | 6,7 |
| | SD* | 0,141 | SD* | 1,556 |

Fonte: Carbonari (2017)

Tabela 6 – Características das espécies de bambu e do aço (Resistência à tração / Massa Específica)

| Espécie de bambu | Fibra interna | | | | Fibra externa | | | |
|--------------------------------|---------------|-------|-----------|-------|---------------|-------|-----------|-------|
| | Com Nó | ± % | Sem Nó | ± % | Com Nó | ± % | Sem Nó | ± % |
| <i>Dendrocalamus Giganteus</i> | 52 | 16,1 | 133 | 5,7 | 186 | 12,6 | 203 | 4,4 |
| <i>Bambusaa Oldhamii</i> | 79 | 14,5 | 133 | 7,1 | 134 | 17,7 | 229 | 7,5 |
| <i>Bambusa Tulda</i> | 82 | 16,8 | 172 | 6,6 | 168 | 21,8 | 211 | 6,6 |
| <i>Bambusa Nutans</i> | 69 | 17,8 | 150 | 5,5 | 135 | 18,2 | 244 | 5,8 |
| *SD-Desvio Padrão | SD | 1,202 | SD | 0,141 | SD | 3,960 | SD | 0,990 |

Fonte: Carbonari (2017)

Para efeito de comparação com o aço, foi utilizada a resistência à tração média da parede do colmo, entre as fibras interna e externa, para CPs com nó. Na Tabela 7 são indicados os valores das resistências médias das espécies de bambu ensaiadas à tração (f_T) para CPs com nó do aço, as respectivas massas específicas (ρ), e as relações entre a resistência a Tração e a Massa Específica (f_T / ρ), de cada material.

Tabela 7 – Valores médios da resistência à tração (MPa) de algumas espécies de bambu

| Material | f_T (MPa) | ρ (g/cm ³) | f_T / ρ |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|
| <i>Dendrocalamus Giganteus</i> | 119 | 0,75 | 159 |
| <i>Bambusa Oldhamii</i> | 106 | 0,84 | 126 |
| <i>Bambusa Tulda</i> | 125 | 0,78 | 160 |
| <i>Bambusa Nutans</i> | 102 | 0,77 | 132 |
| Aço | 250 | 7,85 | 32 |

Fonte: Carbonari, 2017

2.7.3. Vantagens e desvantagens dos bambus

Após os relatos sobre o bambu, pode-se dizer que há sete pontos principais a serem destacadas de forma vantajosa para a utilização do bambu na construção civil, quais sejam:

– Alta resistência à tração. Devido às características genótípicas de formação do bambu, seu arranjo intramolecular e consequente estruturação compositiva, fazem com que as fibras nele existentes e de grande predomínio o tornem um material com características de resistência à tração mecânica de níveis comparados a compostos e compósitos sintéticos de alta tecnologia. Essa gramínea submetida a testes de resistência em várias pesquisas distintas teve ratificada a sua importância e seu valor como material de grande confiabilidade e ampla utilização no ramo da construção civil.

– Boa resistência à compressão. Apesar da resistência à compressão ser em média quase um terço da resistência à tração, além da composição física, a forma geométrica dos colmos favorece a sua estabilidade estrutural. Por ter a forma de um tubo de seção circular, o centro de gravidade se mantém estável, os nós, em sequência combatem a tendência à flambagem, e quanto mais retilínea for a peça de bambu, menor será esta tendência à flambagem. Por isso os colmos escolhidos para serem utilizados como elementos a sofrerem forças de compressão não devem ter desvios ou curvaturas ao longo de seu corpo e caso tenham devem ser mínimas (GHAVAMI e MARINHO, 2001).

– Leveza. A densidade dos bambus é outra característica que apresenta grande variação, inclusive em uma mesma espécie. Mas devido à sua composição e geometria, o bambu tem uma relação entre resistência e massa

específica altamente vantajosa quando comparado a materiais de resistência similar. A resistência específica do bambu é comparável à do aço, porém com uma densidade quase noventa por cento menor (PEREIRA, 2001).

– Flexibilidade. Associado à sua resistência, a flexibilidade do bambu amplia ainda mais a sua gama de possíveis usos. Estruturas, peças, componentes submetidos a esforços e movimentações constantes e que necessitam de uma resiliência maior, podem encontrar no bambu uma opção de resultados satisfatórios, com um material leve e de baixo custo. Por isso o bambu é usado amplamente para finalidades construtivas diversas e outras aplicações, principalmente na Ásia (VASCONCELLOS, 2000).

– Material alternativo e ecologicamente correto. Como uma alternativa eficiente e eficaz ao substituir madeiras nobres, o uso do bambu supre praticamente todos os campos de utilização das madeiras comuns, até mesmo em casos onde são necessárias peças muito robustas ou de grande porte. Lâminas de bambu podem ser trabalhadas e coladas formando uma peça única composta de várias tiras coladas e prensadas, dando ao final um aspecto monolítico nas medidas desejadas, tão resistente e durável quanto uma peça de sucupira. O bambu contribui também para a retirada da atmosfera de toneladas de dióxido de carbono, pois consome este gás em grandes quantidades, principalmente durante seu desenvolvimento (PEREIRA e BERALDO, 2007).

– Rápido crescimento. Segundo Judziewicz *et. al.* (1999), assim como todas as gramíneas, o crescimento do bambu se destaca no reino vegetal e por ter uma velocidade diferenciadamente superior à de outras plantas. Com cerca de um ano de idade o bambu completa seu crescimento e começa a maturação até completar um pouco mais de três anos. Todos os bambus possuem esta característica de crescimento rápido, e há algumas espécies que se destacam ainda mais pelo crescimento inigualável em um curto período. Há registros na literatura referente ao assunto que informam crescimentos de mais de um metro em um período de 24h. Existem algumas espécies de bambu que já podem ser colhidas e utilizadas aos três anos de idade, e com características semelhantes de resistência e durabilidade às madeiras que precisariam de mais do dobro do tempo para serem cortadas (AZZINI *et. al.*, 1981).

– Alta produtividade. O manejo adequado de um bambuzal pode torná-lo altamente produtivo por até um século, uma vez que não são cortados todos os colmos, sendo este tipo de extração também alto-sustentável (RIGUEIRA Jr., 2011 *apud* MOREIRA, 2011). Segundo Ghavami *et. al.* (2003), a energia consumida para se produzir um metro cúbico de bambu é cinquenta vezes menor que a energia gasta para produzir o mesmo volume de aço, e oito vezes menor para produzir o mesmo volume de concreto. Ou seja, com uma mesma quantidade de energia pode-se ter um volume muito maior de um material que, além desta vantagem, causa um impacto mínimo em sua produção. Estas características também aumentam o caráter de material ecologicamente correto do bambu.

Não obstante possuir muitas vantagens em relação aos materiais similares e equivalentes, o bambu, assim como seus concorrentes, também apresenta algumas desvantagens e pontos fracos, os quais são destacados a seguir:

– Tratamento e cuidados. O bambu precisa receber tratamentos pré uso para garantir sua maior vida útil e durante o uso são necessários cuidados para manutenção de sua integridade plena. Mesmo com os tratamentos aplicados, deve-se evitar a exposição excessiva à umidade, pois como é uma matéria prima de origem vegetal, pode absorvê-la facilmente. Recomenda-se também evitar a exposição às variações brusca de temperatura e fontes intensas de calor que podem desencadear fissuras ou rachaduras ao longo do colmo (GHAVAMI E BARBOSA, 2007).

– Inflamabilidade. Outra característica negativa do bambu é que ele pode ser consumido pelo fogo com muita rapidez, principalmente se estiver com teor de umidade interna, reduzido. Suas características geométricas também facilitam a proliferação de chamas, que por ter cavidades ocas, em determinado ponto as labaredas queimam externa e internamente.

– Grande variação de formas e resistência. As características de resistência e de durabilidade têm uma variação com amplitude muito extensa, sendo influenciadas por diversas condicionantes, tais como característica do solo local, tipo de clima predominante, teor de umidade interna, idade e nível de maturidade do colmo e a variedade do bambu. Mesmos bambus da mesma

espécie podem apresentar características de resistência e de durabilidade com amplitudes maiores que cem por cento. Outra característica que pode comprometer sua utilização em alguns casos é o fato de que os colmos dos bambus não são 100% retilíneos e a distância dos nós é variável, não permitindo assim uma modulação adequada (JUDZIEWICZ *et. al.*, 1999).

– Baixa resistência a esforços cortantes. Outro ponto frágil dos bambus é a resistência a esforços ortogonais às fibras, que é bastante reduzida, ou seja, quando uma força cortante é aplicada, há grande tendência de rompimento do elemento, paralelamente às fibras (GHAVAMI e MARINHO, 2001). Portanto não é indicado o uso do bambu em casos que haja este tipo de solicitação mecânica.

2.7.4. Nativos

Como já mencionado, no sudoeste da Amazônia ocorrem extensas áreas de florestas nativas com o sub-bosque (interior da mata) dominado por algumas espécies de bambu do gênero *Guadua*, Figura 22. Regionalmente conhecidas como "tabocais" no Brasil e "pacaes" no Peru, essas florestas ocupam uma área estimada em 161.500 km² no sudoeste da Amazônia brasileira, nos estados do Acre e Amazonas, norte da Amazônia boliviana, no Departamento de Pando, e quase toda a Amazônia central do Peru, nos Departamentos de *Madre de Dios* e *Ucayali*. Estima-se que 59% da cobertura vegetal do Acre é composta por florestas primárias nas quais o bambu se apresenta como elemento principal ou secundário do sub-bosque.

Figura 21 - Bambu da espécie *Guadua* de maior ocorrência no Estado do Acre.



Fonte: Bambu Hú (2017)

As espécies nativas são conhecidas geralmente por taquara, taboca, jativoca, taquaruçú ou taboca-açú, conforme sua região de ocorrência. Tais espécies, geralmente de porte arbustivo, se misturam e se confundem com a floresta. Existem grandes áreas desses tipos de bambu na Floresta Amazônica (Acre), no parque da Foz do Iguaçu e nas margens de alguns rios do Pantanal. Nessas regiões ocorrem bambus pertencentes ao gênero *Guadua* – um dos mais importantes para uso em construções.

Conforme citado por Judziewicz *et. al.* (1999), o Brasil é o país com maior diversidade de espécies de bambu no Novo Mundo. Em relação aos bambus herbáceos há duas subfamílias, três gêneros e sete espécies, enquanto em relação aos bambus lenhosos há 18 gêneros, sendo que seis são endêmicos (*Alvimia Soderstr. & Londoño*, *Apoclada McClure*, *Athroostachys Benth.*, *Eremocaulon Soderstr. & Londoño*, *Filgueirasia Guala*, *Glaziophyton Franch.*) e 155 espécies, sendo que 83% destas são também endêmicas. Os gêneros com maior número de espécies são *Merostachys Spreng* (53 espécies) e *Chusquea* (40 espécies). Ao todo são 34 gêneros e 232 espécies no Brasil, sendo que algumas ainda não foram formalmente descritas, além de 174 espécies (75%) serem consideradas endêmicas (FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004).

A maior demanda de plântulas são bambus de pequeno porte com fins ornamentais, e para isso se utilizam principalmente as espécies *Bambusa textilis* var. “*gracilis*”, pequenas plantas de *Phyllostachys pubescens* com deformação intencional, e *Phyllostachys aurea*. A destinação final destes produtos são geralmente habitações e instalações comerciais de alto nível socioeconômico (VASCONCELLOS, 2006).

Importantes eventos científicos, tais como EBRAMEM, NOCMAT e CONBEA, já dedicam parte da programação à apresentação de trabalhos sobre o bambu; da mesma forma, organismos financiadores (CNPq, FAPESP, dentre outros) também tem apoiado projetos que visem avaliar as características do bambu e de seus derivados.

No entanto, cumpre ressaltar o apoio institucional que o bambu vem recebendo nos últimos tempos - o Seminário Nacional, realizado pela primeira vez em 2005, em Brasília, constituiu um divisor de águas, e permitiu que pela primeira vez no Brasil, houvesse um edital específico para pesquisar o bambu,

conseguindo-se, em 2007, financiamento para 12 grupos espalhados pelo território nacional. No segundo evento, realizado em 2008, em Rio Branco – AC constituiu-se a Rede Brasileira do Bambu (RBB), que visa congregar todos aqueles que se interessam pelo estudo e pela aplicação do bambu e de inúmeros e variados produtos (APUAMA, 2018).

No Brasil, as espécies nativas são em sua grande maioria enquadradas na categoria de ornamentais, e estão associadas a um meio ambiente específico, como as florestas. A maioria das espécies de bambu que se vê plantadas são exóticas, originárias em sua maior parte de países orientais, de onde foram sendo trazida e aqui introduzida desde o tempo do descobrimento, exceção feita ao gênero *Guadua*, originário da América, sendo muito utilizado na Colômbia e Equador, e possuindo várias espécies nativas no Brasil (PEREIRA, 2001).

2.7.5. Espécies prioritárias

No Brasil, de acordo com Filgueiras e Gonçalves (2004), as espécies nativas são, em sua maioria, enquadradas na categoria ornamental e estão associadas a um meio ambiente específico – como a Floresta Atlântica, com 65%; Amazônia, com 26% e 9% nos Cerrados. Dentre os bambus lenhosos, o Brasil possui seis gêneros com 129 espécies endêmicas, destacando-se os gêneros: *Merostachys*, com 53 espécies; *Chusquea*, com 40 espécies; e, *Guadua*, com 16 espécies. Entre as espécies introduzidas, destacam-se aquelas pertencentes aos gêneros: *Bambusa* (espécies: *blumeana*, *dissimilator*, *multiplex*, *tulda*, *tuldoides*, *ventricosa*, *vulgaris*, *beecheyana*), *Dendrocalamus* (espécies: *giganteus*, *asper*, *latiflorus*, *strictus*), *Gigantochoa*, *Guadua*, *Phyllostachys* (espécies: *áurea*, *purpuratta*, *bambusoides*, *nigra*, *pubescens*), *Pseudosasa*, *Sasa* e *Sinoarundinaria*.

2.7.6. Espécies para uso nas construções no Brasil

De acordo com Drumond, Wiedman *apud* Barbosa *et. al* (2017), as espécies exógenas mais comuns no Brasil são *Bambusa vulgaris* Schrad, *B. vulgaris* var. *Vittata*, *B. tuldoides*, *Dendrocalamus giganteus* e algumas espécies de *Phyllostachys*. Estas espécies, todas de origem asiática, foram introduzidas

no Brasil inicialmente pelos primeiros colonizadores portugueses e, posteriormente pelos imigrantes orientais, difundindo-se facilmente. Não obstante, serem abundantemente cultivadas no Brasil, não existe equações volumétricas para estimativa de sua produtividade em campo e na Indústria.

Ainda segundo os autores, conhecido desde a Antiguidade, quando era utilizado, sobretudo na China, o bambu é uma matéria-prima disponível também na floresta Amazônica. Suas características – resistência, flexibilidade, durabilidade, versatilidade, facilidade de reprodução, rápido crescimento e adaptabilidade a climas e solos diferentes – permitem que atenda àqueles que buscam materiais regionais renováveis. Por ser uma planta tropical perene, renovável e que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantio, o bambu apresenta um grande potencial agrícola.

Outro atrativo são suas excelentes características físicas, químicas e mecânicas: o bambu é um eficiente sequestrador de carbono, podendo ser utilizado em reflorestamentos, na recomposição de matas ciliares e também como protetor e regenerador ambiental. Colhido, ao natural ou após processamento, pode ser empregado como elemento na construção civil e em mobiliário, artesanato, cosméticos, têxteis, papel e celulose, paisagismo, entre outros (DRUMOND, WIEDMAN, 2017).

Na Amazônia, as florestas abertas com bambus do gênero *Guadua* cobrem cerca de 180 mil km², incluindo o oeste do estado do Amazonas, o estado do Acre, o nordeste do Peru e o norte da Bolívia (Judziewicz *et. al.* citado por Manhães, 2008; Silveira, 2001). Trata-se da maior floresta nativa contínua de bambus do mundo. A espécie *Guadua angustifolia*, apesar de ser praticamente desconhecida no Brasil (maior ocorrência na região Norte do país), representa um dos maiores potenciais para uso na construção (Quadros 2 e 3), (DRUMOND, WIEDMAN, 2017).

2.8. Aspectos econômicos da sustentabilidade nas construções

O aspecto econômico da sustentabilidade nas construções apresenta vantagens de redução de custos, de forma mais representativa, na fase de utilização. Estas se verificam dentro do ciclo de vida de uma construção,

considerando custo de energia, utilização de água, mão-de-obra para manutenção, troca dos componentes, equipamentos, etc. (LIPPIAT, 1997, *apud* TEIXEIRA, 2005).

Mülfarth (2002), de opinião equivalente ao tema, expõe os alvos a serem atingidos, unindo material a sustentabilidade e a economia englobando todos os aspectos da construção. Para esse fim, além de um produto rico nas abrangências da arquitetura bela, funcional e acessível e um meio ambiente protegido, entra em cena a relevância dos custos menores de reformas, ampliação, manutenção e execução da obra.

Pode-se representar uma grande economia para os usuários, com relação aos custos de operação que podem apresentar uma redução da ordem de 35%, através da utilização de tecnologias ambientalmente corretas (NOOMAN e VOGEL, 2000).

Ao longo da busca pelo desenvolvimento sustentável, as preocupações com a utilização eficiente dos recursos do planeta foram constantes. A energia, como motor do desenvolvimento econômico dos países, como fator fundamental para o desenvolvimento social e como principal causadora de problemas ambientais do planeta, apresenta-se, ao longo da história, como ponto fundamental na busca pela sustentabilidade, estando presente em várias iniciativas tomadas para consegui-la (OLIVEIRA, 2006).

Em 1987, a publicação do documento *Our comum future (World Comission on Environment and Development, 1987)* consagrou o termo, conceituando desenvolvimento sustentável como:

(...) aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de gerações futuras atenderem suas próprias necessidades, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade, e a noção de limitações, que o estágio da tecnologia da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo de atender às necessidades presentes e futuras. *World Comission on Environment and Evelopment apud Alvarez, (2003).*

Oliveira (2006) acrescenta que o ambiente construído pode expressar uma realidade social, econômica, política e cultural. Existe um componente simbólico da forma que transmite informações, mensagens e ideias, provocando sensações e respostas nas pessoas.

Sem uma significação social, esses símbolos perdem sentido e viram meros motivos decorativos (o que frequentemente tem sido observado através da globalização da arquitetura e importação de estilos arquitetônicos padronizados, incompatíveis com as diferentes regiões climáticas do planeta). diz que:

...a paisagem, a região e o lugar são portadores de qualidades espaciais que dizem respeito a vivência, a experiências a partir das quais cada pessoa ou sociedade compreende os símbolos e representações que estão impregnadas em sua cultura e em suas subjetividades, de modo que a compreensão acerca do espaço passa a ser dotada de significados e códigos que são compreendidos e exercitados após suas vivências. (OLIVEIRA, 2013).

Os problemas ambientais relacionados com a geração e utilização de energia refletem-se, não apenas ao aquecimento global, mas também a aspectos como poluição do ar, chuvas ácidas, degradação da camada de ozônio, destruição de florestas, e emissão de substâncias radioativas (DINCER, 1999).

O quadro de déficits habitacionais elevados, de ausência de alternativas de habitação adequadas para os menos favorecidos e moradores das periferias urbanas, somado à carência na cobertura e na qualidade dos serviços urbanos de infraestrutura, saneamento, poluição hídrica, saúde configuram a forma de ocupação e urbanização do ambiente construído em quase todas as cidades do país. Em muitas cidades brasileiras é comum a ocupação para moradias de áreas inadequadas com risco de perdas humanas, patrimoniais e ambientais, ocasionado frequentes conflitos sociais e fundiários, de difícil solução, e que geram ocupações ilegais de terras públicas e privadas (MORAIS, 2017).

Segundo Oliveira (2006), a moradia social, relacionada com a sustentabilidade ambiental, está no centro de qualquer proposta que vise reverter essa situação de exclusão social e deterioração ambiental.

2.9. Métodos de construção com bambu

A classificação por métodos de construção é uma forma de análise das edificações, sob o prisma de como se pode construir com bambu, e não do tipo de construção – como casas, pontes, escolas, etc.

Método é constituído por uma série de passos codificados que se tem de tomar, de forma mais ou menos esquemática, para atingir um determinado objetivo (WIDYOWIJATNOKO; TRAUTZ, 2008).

Por esta ótica, neste trabalho, classificou-se os métodos de construção com bambu em: vernacular ou tradicional, contemporâneo e substitutivos, parcial ou integral dos materiais de construção usuais pelo bambu em suas diversas formas.

2.9.1. Métodos Vernacular e Tradicional de Construção com Bambu

Denomina-se construção vernacular todo tipo de arquitetura em que se empregam materiais e recursos do próprio ambiente onde a edificação é construída; refere-se às estruturas feitas pelos construtores de modo empírico, sem a intervenção dos engenheiros ou arquitetos profissionais. É a maneira mais simples e generalizada para construir (Figura 23). Desse modo, ela apresenta caráter local ou regional (ARBOLEDA, 2006 *apud* WIDYOWIJATNOKO; TRAUTZ, 2008).

Construções vernaculares e tradicionais têm estreita ligação: as construções tradicionais também podem incluir edifícios que ostentam elementos de *design* requintado; templos e palácios, por exemplo, que normalmente não seriam incluídos sob o título de “vernáculo” (BRUNSKILL, 2000). Suas construções descrevem métodos originais não escritos, estipulados e acordados, geralmente, em uma comunidade, com materiais locais, de fácil utilização e reposição, cujos tipos de construções não se limitam apenas a residências, mas toda moradia responsável na convivência de uma comunidade.

Figura 22 – MINCABAMBÚ: Mini-Centro Artesanal de Bambú, inaugurado em 14/01/2011 no distrito de Aramango, província de Bagua, na Amazônia Peruana



Fonte: Takahashi (2012)

Em regiões onde o bambu cresce naturalmente, ele foi o primeiro material de construção usado desde os primórdios da humanidade, em razão da disponibilidade e facilidade de uso.

Nas construções tradicionais, o bambu é utilizado em sua maneira mais simples de aplicação, com utilização de colmos inteiros, réguas sem aparelhamentos, bambu trançado, cordas de bambu e argamassa adicionada de fibras naturais, utilizando-se métodos e ferramentas muito simples e acessíveis até mesmo para os jovens, e para os não qualificados (JAYANETTI; FOLLET, 1998).

Dessa forma, consideram-se conjuntamente as estratégias de projeto, tecnologias e sistemas, materiais e sistemas construtivos, analisando a adequação de cada um deles ao projeto que será realizado e ao usuário, tendo em vista a possibilidade de se produzir uma arquitetura sustentável, nesse caso a habitação sustentável.

De acordo Adam (2001, p. 118) “[...] o ato de planejar é a síntese de responsabilidades sociais, qualificação de uso energético, eco tecnologia e consciência ecológica”. Esta síntese descrita pelo autor mostra a necessidade de uma interação entre o projetista, o usuário e o objeto arquitetônico.

Roaf *et. al.* (2006) afirmam ainda que uma casa ambientalmente sustentável (*ECOHOUSE*) está estreitamente ligada ao sítio, à sociedade, ao clima, à região e ao planeta. Esta pesquisa tem este olhar abrangente sobre a habitação unifamiliar e o impacto que a inserção tecnológica pode trazer para o modo como as pessoas vivem.

O desenvolvimento do projeto de “habitação unifamiliar” para a população de baixa renda está alicerçado, portanto, na análise e escolha de ambientes diferenciados, para os quais se prevê uma nova metodologia de projeto, na qual haja uma relação entre o projeto e o ambiente de inserção do mesmo, possibilitando uma diversificação das soluções, qualificando e personalizando as edificações, em respeito ao usuário, à sua segurança e ao meio ambiente.

Para Medeiros e Leite (1999), a análise regional é, cada vez mais, percebida sob um prisma multidimensional: não se trata do privilégio de aspectos físicos, ambientais, econômicos, mas de resgatar as dimensões sociais, culturais e políticas na própria definição de região.

2.10. Conforto Ambiental

Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações. Em consequência, aumentam as construções de usinas hidrelétricas, termoelétricas ou atômicas, de grande impacto sobre o meio ambiente (LAMBERTS *et. al.*, 1997).

Assim, os processos de urbanização atuais e a configuração das cidades refletem o desenvolvimento de relações complexas e de resultados negativos para o convívio humano/social na cidade, o que ocorre e também pode ser percebido de forma distinta conforme a sua condição social, principalmente onde as diferenças sociais mais se acentuam: nos “países de desenvolvimento complexo”.

O Brasil, incluído nesta condição de desenvolvimento, apresenta uma dinâmica de urbanização que resulta na segregação social e espacial e na exclusão de grande parte de sua população (SANTOS, 1994).

Como já mencionado, mais de 80% da população brasileira habita áreas urbanas que, em sua maioria, cresceram desordenadamente. Do alto índice brasileiro de urbanização decorrem problemas de difícil administração e correção sem que sejam destinados recursos para investimentos essenciais.

A relevância do conforto térmico condiz com a qualidade de vida em ambientes quente e úmido ou temperaturas altas nos meses de verão intenso, as quais estão relacionadas com bem-estar, saúde, economia, e percepção de refrigério, sendo que nas estações quentes ocorre melhor desempenho no trabalho e um retorno saudável.

A exposição do ser humano a condições de temperaturas elevadas causa dores de cabeça, assaduras, inchaço nos pés, para portadores de enfermidades como: diabetes, hipertensão, hemofílicos, alérgicos, problemas renais além de um grande desconforto.

Os limites da necessidade humana dependem do espaço e do tempo de exposição das pessoas às condições termo ambientais, que são definidas em uma faixa bastante larga de temperatura. Em comparação a saúde é muito mais exigência, sendo os de conforto ainda mais.

O estado refrescante, confortante e de alívio é o resultado que une umidade do ar, estações climáticas, radiação e o ar em movimento, além de uma sequência de fatores como tipos de roupas, massa corporal, e a vestimenta, entre outros de caráter subjetivo como aclimatação, forma e volume do corpo, cor da pele, anatomia. O efeito conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado zona de conforto e seu estudo é de suma importância para o condicionamento térmico natural das edificações ou Arquitetura Bioclimática (RORIZ, 1987).

2.11. Desempenho das Edificações

Para se fazer uma análise do desempenho de habitações construídas com bambu é apresentada na sequência uma conceituação básica a respeito do desempenho das edificações quanto às características acústicas, térmicas e lumínicas, para o melhor entendimento das técnicas de ensaio empregadas e da avaliação dos resultados obtidos.

2.11.1. Desempenho Acústico.

Há vários fatores que se combinam para determinar o desempenho acústico de um ambiente. Alguns destes fatores são: o posicionamento da edificação e suas dependências, as discriminações de materiais, os componentes das paredes, coberturas, pisos, instalações e equipamentos. Destaca-se a importância da discriminação das vedações verticais, onde materiais, espessuras e execução podem ditar os níveis de desempenho acústico da edificação.

A preocupação que se tem com o processo de um sistema construtivo, é isolar o ruído para que não venha perturbar as atividades cotidianas dos usuários e que proporcione, por conseguinte o conforto acústico.

O que se quer promover é a garantia de um repouso adequado e das condições ambientais favoráveis de trabalho, estudo e lazer, além de um bom isolamento acústico de uma habitação, que possa favorecer a qualidade das condições psicológicas desgastantes e as séries de consequências negativas à saúde e a produtividade dos seus moradores.

Para alcançar essas características, é necessário que não haja preocupação somente com o isolamento entre o meio externo e interno, mas também o isolamento acústico adequado, entre os aposentos da habitação, principalmente, se essa é destinada ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual (ABNT, 2004).

Todo som desconfortável a uma atividade de interesse e que interfira nas atividades e objetivos do espaço é considerado um ruído. As atividades humanas desenvolvem a geração de sons nos ambientes urbanos e a existência desses sons é denominada de ruído de fundo (SOUZA, 2003).

Os ruídos de fundo são delimitados por normas de diversos países e são elas intituladas de Níveis de Critério de Avaliação (NCA). Devido o posicionamento da fonte, esses ruídos podem se propagar pelo ar ou por estruturas solidas. Os ruídos transmitidos pelo ar são chamados de ruídos aéreos, e diminui com a distância ao quadrado onde é recebido. O ruído de impacto é a resultante de forças aplicadas diretamente sobre as estruturas, podendo estes serem gerados por vibrações ou impactos e transmitidos através do ar (SOUZA, 2003).

Segundo Spannenberg (2006) para se ter um bom ambiente acústico é necessário evitar a entrada e saída de ruídos, seja ele aéreo ou de impacto, e para isto, deve se ter um bom fechamento dos ambientes proporcionando bom isolamento acústico.

A capacidade de isolamento dos componentes e elementos está relacionada com a sua massa. Quanto mais espessa e pesada é uma parede, mais ela isola dos ruídos aéreos (Leis das Massas).

As zonas críticas para o desempenho acústico são as vedações verticais. Proporcionadas pela sua leveza, as esquadrias apresentam pouca massa e conseqüentemente reduzido isolamento acústico (VEFAGO, 2007).

As aglomerações urbanas são geradoras de elevados níveis de ruídos que causam grandes problemas à saúde da população. A Organização Mundial da Saúde classifica a poluição sonora como o terceiro problema mais grave de poluição, depois da poluição do ar e da água (SPANNENBERG, 2006).

O organismo internacional, considera que a um nível L_{eq} (Nível de Intensidade Sonora Equivalente) de 55 dB(A) (decibéis ponderados na escala A), começa-se um processo de *stress* auditivo (FRITSCH, 2006).

De acordo com Vefago, (2006), a maior fonte de ruído nas cidades vem do tráfego de veículo, desta forma, é apresentada a Tabela 8 com os valores de nível médios de níveis sonoros para veículos automotivos, medidos a partir de 7 metros de distância dos mesmos.

Tabela 7 - Nível de pressão sonora provocado por veículos.

| Tipo de Veículo | Nível Sonoro Produzido |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Motocicleta | 76 dB(A) |
| Automóvel de Passeio | 77 dB(A) |
| Veículo de Transporte Público | 86 dB(A) |
| Veículos Pesados Acima de 3,5 t | 85 dB(A) |

Fonte: Vefago, 2006.

Por sua vez, a Tabela 9, aponta os valores de ruídos internos da habitação: tipos de ruído e nível sonoro produzido em decibéis.

Tabela 8 - Nível de pressão sonora provocado no interior da habitação.

| Tipos de Ruído | Nível Sonoro Produzido |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Conversa Coletiva | 75 dB(A) |
| Aspirador de Pó | 70 dB(A) |
| Rádio ou Televisão | 75 dB(A) |
| Descarga de Bacia Sanitária | 70 dB(A) |
| Máquina de lavar | 60-70 dB(A) |
| Liquidificador, batedeira | 60-75 dB(A) |

Fonte: Romero e Ornstein, 2003

Segundo Vefago (2006), os níveis admissíveis de sons aéreos nos ambientes variam de acordo com os horários de utilização. Ambientes como: sala, dormitório e sala de estar devem apresentar nível de ruído aéreo admissível mais baixo em determinados horários.

O Brasil conta para legislação acústica, com a NBR Acústica 10151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000): Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade; a 10152 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987): Níveis de ruído para conforto acústico e a 15575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007): Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho da Associação Brasileira de Normas Técnicas, além de decretos e leis municipais que definem níveis máximos de ruído admissíveis em diversas partes do dia e da noite.

A NBR 10151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) orienta e fixa os níveis de ruídos compatíveis com o conforto acústico em diversos ambientes e sugere consultar a norma onde é avaliado os ruídos em áreas habitadas e que leva em consideração o conforto da comunidade.

A norma adota a pressão ponderada A em *pascals* (P_A) e indica valor eficaz (RMS) da pressão sonora determinada pelo uso do circuito ponderado A , conforme a Norma *International Electrotechnical Commission* – IEC 651/79 (IEC, 1979), assim, o nível de pressão sonora é dado pela equação (1).

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad [dB] \quad (1)$$

Onde:

P = Valor eficaz da pressão, em *Pascal*

P_0 = Pressão sonora de referência ($20 \mu Pa$);

E os níveis de pressão sonora ponderado L_{P_A} em *decibéis (A)* é dado pela equação (2).

$$L_{P_A} = 10 \log_{10} = \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad [dB(A)] \quad (2)$$

E por fim, a curva de avaliação de ruído (NC) cujos valores limites estabelecidos pela NBR 10151\2000 são apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 9 – Nível de Critério de Avaliação NC para Ambientes Internos, em dB(A)

| Locais | dB(A) | NC |
|--|---------|---------|
| Hospitais | | |
| Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Laboratórios, Áreas para uso do público | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Serviços | 45 - 55 | 40 - 50 |
| Escolas | | |
| Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Salas de aula, Laboratórios | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Circulação | 45 - 55 | 40 - 50 |
| Hotéis | | |
| Apartamentos | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Restaurantes, Salas de estar | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Portaria, Recepção, Circulação | 45 - 55 | 40 - 50 |
| Residências | | |
| Dormitórios | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Salas de estar | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Auditórios | | |
| Salas de concertos, Teatros | 30 - 40 | 25 - 30 |
| Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo | 35 - 45 | 30 - 35 |
| Restaurantes | 40 - 50 | 35 - 45 |

| | | |
|---|---------|---------|
| Escritórios | | |
| Salas de reunião | 30 – 40 | 25 - 30 |
| Salas de gerência, Salas de projetos e de administração | 35 – 45 | 30 - 40 |
| Salas de computadores | 45 – 65 | 40 - 60 |
| Salas de mecanografia | 50 – 60 | 45 - 55 |
| Igrejas e Templos (Cultos meditativos) | 40 – 50 | 35 - 45 |
| Locais para esporte | | |
| Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas | 45 – 60 | 40 - 55 |

Fonte: Brasil, 2000.

Tabela 10 Nível de Critério de Avaliação NCA para Ambientes Externos, em dB(A).

| Tabela 2- Nível de Critério de Avaliação NCA para Ambientes Externos, em dB(A) | | |
|---|---------------|----------------|
| Tipos de áreas | Diurno | Noturno |
| Áreas de sítios e fazendas | 40 | 35 |
| Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas | 50 | 45 |
| Área mista, predominantemente residencial | 55 | 50 |
| Área mista, com vocação comercial e administrativa | 60 | 55 |
| Área mista, com vocação recreacional 65 | 65 | 55 |
| Área predominantemente industrial | 70 | 60 |

Fonte: Brasil, 2000

2.11.2. Desempenho Térmico

A interação entre a edificação e o ambiente, sob o aspecto da variação de temperatura a que está submetida, resulta no seu desempenho térmico, o qual depende diretamente das condições de exposição.

As condições de exposições se dividem em condições climáticas, quais sejam: temperatura e umidade do ar exterior, velocidade e direção dos ventos e radiação solar direta e difusa. As condições de implantações (latitude e longitude, e orientação solar), ademais, as condições de uso da edificação (número de ocupantes e atividades-padrão, quantidade de calor e vapor de água produzidos no interior da habitação, número de renovações de calor, que são proporcionados pelo controle da ventilação do ambiente) também são importantes (AKUTSU e LOPES, 1988).

O isolamento térmico de uma edificação é o resultado da média ponderada das resistências térmicas das superfícies que compõem a edificação: paredes, cobertura, pisos e aberturas. Segundo Vefago (2006), o desempenho

térmico de uma vedação é resultado da transferência de calor entre os ambientes interno e externo.

Dependendo das condições climáticas, um sistema construtivo apresenta desempenho térmico diferenciado, como escreveu Alucci *et al.* (1988). Desta forma, para escolher um sistema construtivo em uma determinada região deve se verificar se os ambientes internos atendem ou não ao conjunto de requisitos prefixados em função das exigências do usuário quanto ao seu conforto térmico.

A NBR 15220 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005) define o conforto térmico como uma satisfação psicofisiológica de um indivíduo frente as condições térmicas do ambiente. Desta forma, ela indica que a sensação de conforto depende tanto dos aspectos físicos do ambiente, neste caso ambiente térmico, como também de aspectos subjetivos, o estado de espírito do indivíduo.

Deve-se destacar que Lambert *et. al.* (1997) afirmam que o desempenho térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. Deste modo, as variáveis ambientais que influenciam este conforto são:

- ✓ Temperatura do ar
- ✓ Umidade do ar
- ✓ Velocidade do ar
- ✓ Calor radiante

O componente da edificação que é responsável pela maior transmissão de calor ao seu interior é a cobertura, por estar mais exposta à radiação direta do sol e os componentes externos, as fachadas são agentes influentes do desempenho térmico devido sua orientação em relação ao norte e planos verticais, embora não recebem exposição direta do sol por diversas horas do dia.

Uma cobertura transmite uma quantidade de calor de até 70% do total, sendo que os 30% restante vem das fachadas, desta forma é imperativo que se promova o seu isolamento térmico. O uso de isolantes térmicos custa 10% ou

menos do custo do telhado completo e para o isolamento das paredes é somente construí-la com uma espessura adequada (SPANNENBERG,2006).

Por outro lado, ao se isolar o telhado e as paredes deve-se atender as exigências dos usuários, quanto a obtenção de uma ventilação satisfatória, as quais podem ser agrupadas em:

Higiene dos usuários – taxa de gás carbônico, odores desagradáveis contaminação de gases tóxicos quantidade de oxigênio;

Conforto térmico dos usuários – tirar o excesso de calor do interior do ambiente, facilitar a troca de calor do corpo com o ambiente e resfriar os elementos do edifício e a durabilidade dos materiais e componentes – remoção do vapor do interior do ambiente que não ocorra condensação e assim a deposição e o desenvolvimento de fungos.

Esses fatores devem ser utilizados mesmo que a temperatura externa seja maior que a interna, da mesma forma que a ventilação noturna deve ser usada para resfriar as massas e a estrutura do edifício (MARQUES e CORBELLA, 2000).

A Norma 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007), permite que o desempenho térmico das edificações seja avaliado considerando as oito zonas bioclimáticas apresentadas e, e que atenda aos requisitos e critérios por um dos três tipos de procedimentos descritos: simplificado, cálculos simplificados estabelecidos pra fachadas e coberturas; simulação, cálculos computacionais do desempenho térmico do edifício e medição, realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

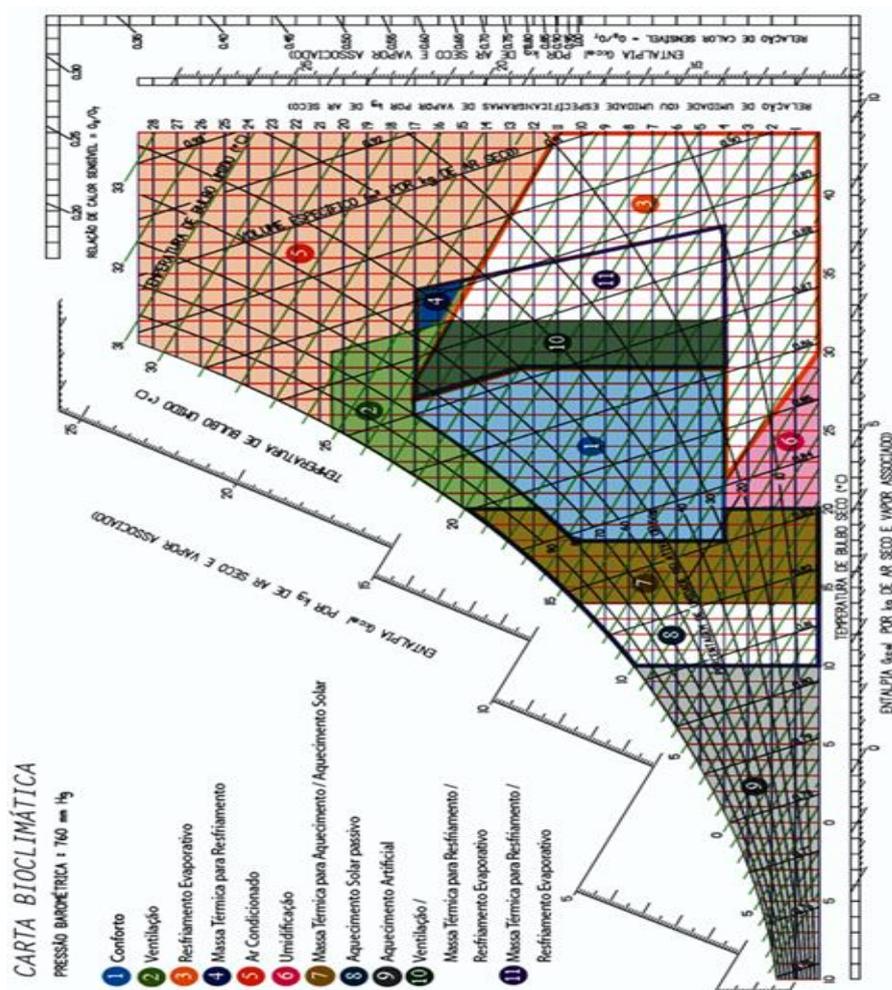
A Norma 15220 - Desempenho térmico de edificações (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005) que estipula os procedimentos para avaliação de habitações de interesse social, estabelece uma forma simplificada de avaliar o desempenho térmico de habitações, garantido limites de conforto térmico através da definição de um zoneamento bioclimático que serve de base para caracterizar o desempenho térmico das edificações.

As oito zonas climáticas descrita na Norma 15575\2007 foi uma adaptação da Carta Bioclimática de Givoni, a qual define o Zoneamento

Bioclimático Brasileiro. Desta forma, para cada zona climática é oferecida recomendações técnico-construtivas a ser consideradas durante o projeto (RORIZ *et. al.*, 1999).

Os requisitos mínimos de projeto estabelecidos consideram os seguintes parâmetros: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas, tipo de parede externa e cobertura, onde é considerado a transmitância térmica, atraso térmico e absorção à radiação solar; estratégias de condicionamento térmico passivo. São estabelecidos na Norma os valores admissíveis das características termofísicas de elementos construtivo para cada Zona Bioclimática: transmitância (U), atraso térmico (Φ) e fator solar (FS). A seguir a Figura 24 mostra a Carta Bioclimática elaborada pelo Dr. Baruch Givoni em 1922. A cidade de Rio Branco se encontra na Zona de conforto climático 8.

Figura 23 - Carta bioclimática de Givoni.



Fonte: Souza (2016)

Segundo a Norma Regulamentadora 15 (NR 15\1978) (Atividades e Operações Insalubres) a exposição ao calor deve ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" - IBUTG definido pelas equações que se seguem:

Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad (3)$$

Ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad (4)$$

Onde:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural;

tg = temperatura de globo;

tbs = temperatura de bulbo seco.

Ainda segundo a norma os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum, sendo que as medições devem ser efetuadas no local onde permanece a pessoa, à altura da região do corpo mais atingida.

Em função do índice obtido, o regime de esforço intermitente é definido pela Tabela 12.

Tabela 11 - Regime de trabalho intermitente em função do índice – NR 15.

| REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (Por hora) | TIPO DE ATIVIDADE | | |
|--|-------------------|---------------------|-------------------|
| | LEVE (IBUTG) | MODERADA (IBUTG) | PESADA (IBUTG) |
| Trabalho contínuo | Até 30,0 | Até 26,7 | Até 25,0 |
| 45 minutos trabalho 15 minutos descanso | 30,1 a 30,5 | 26,8 a 28,0 | 25,1 a 25,9 |
| 30 minutos trabalho 30 minutos descanso | 30,7 a 31,4 | 28,1 a 29,4 | 26,0 a 27,9 |
| 15 minutos trabalho 45 minutos descanso | 31,5 a 32,2 | 29,5 a 31,1 | 28,0 a 30,0 |
| Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle | Acima de 32,2 | Acima de 31,1 | Acima de 30,0 |

Fonte: NR, 1978

Os limites de tolerância para exposição ao calor foram estabelecidos em regime de esforço intermitente com período de descanso.

Para os fins deste item, considera-se como local de descanso um ambiente termicamente mais ameno, com a pessoa em repouso ou exercendo atividade leve. Os limites de tolerância são dados segundo o Tabela 13.

Tabela 12 - Limites de Tolerância NR-15.

| M (Kcal/h) MÁXIMO | M (Kcal/h) MÁXIMO IBUTG |
|--------------------------|--------------------------------|
| 175 | 30,5 |
| 200 | 30,0 |
| 250 | 28,5 |
| 300 | 27,5 |
| 350 | 26,5 |
| 400 | 26,0 |
| 450 | 25,5 |
| 500 | 25,0 |

Fonte: NR, 1978.

Onde: M é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada Equação (5).

$$M = \frac{M_t \times T_t + M_d \times T_d}{60} \quad (5)$$

Sendo:

M_t - taxa de metabolismo no local de trabalho;

T_t - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho;

M_d - taxa de metabolismo no local de descanso;

T_d - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

IBUTG_T é o valor IBUTG médio ponderado para uma hora, determinado pela Equação (6).

$$IBUTG_T = \frac{IBUTG_T \times T_t + IBUTG_d \times T_d}{60} \quad (6)$$

Sendo:

IBUTG_T = valor do IBUTG no local de trabalho;

IBUTG_d = valor do IBUTG no local de descanso;

T_t e T_d = como anteriormente definidos.

Os tempos T_t e T_d devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo $T_t + T_d = 60$ minutos corridos.

As taxas de metabolismo M_t e M_d são obtidas consultando-se o Tabela 14.

Tabela 13 - Taxa de Metabolismo por tipo de atividade NR 15.

| TIPO DE ATIVIDADE | Kcal/h |
|--|--------|
| SENTADO EM REPOUSO | 100 |
| TRABALHO LEVE | |
| Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia). | 125 |
| Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir). | 150 |
| De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços. | 150 |
| TRABALHO MODERADO | |
| Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas. | 180 |
| De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação. | 175 |
| De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação. | 220 |
| Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar. | 300 |
| TRABALHO PESADO | |
| Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá). | 440 |
| Trabalho fatigante | 550 |

Fonte: NR, 1978

2.11.3. Zoneamento BioClimático

A avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção. Em relação à edificação construída, a avaliação pode ser feita através de medições *in loco* de variáveis representativas do desempenho, enquanto que na fase de projeto esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

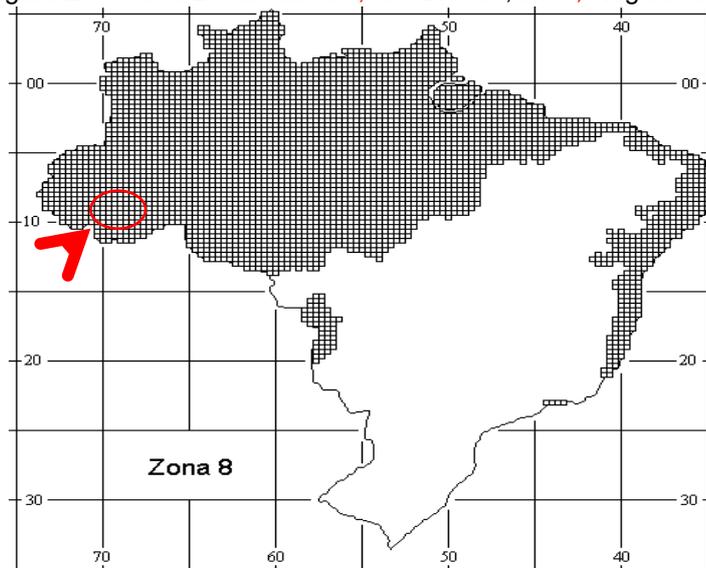
A NBR 15220\2005 – Desempenho térmico de edificações apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo em que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixado.

Propôs-se, então, a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam

o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática, conforme mostrada na Figura 22, a Carta Bioclimática.

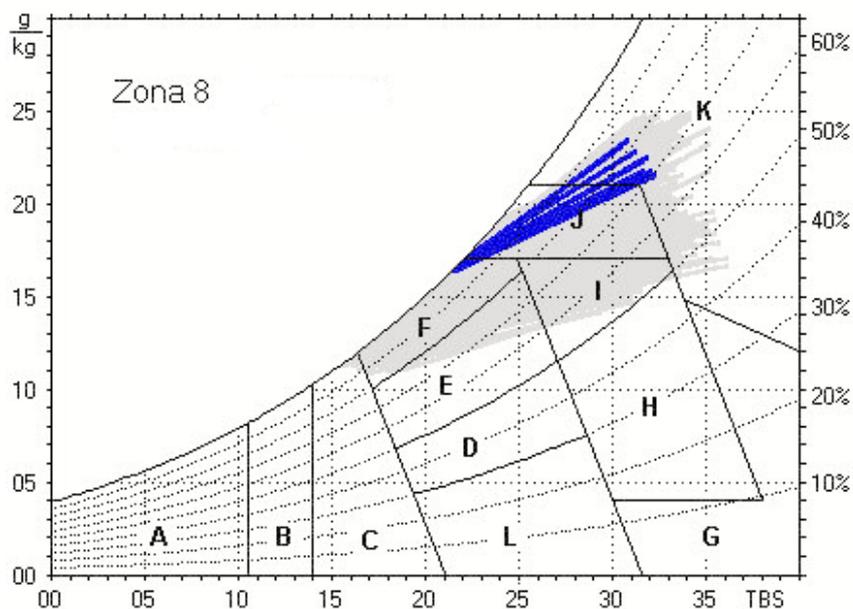
A NBR 15220 mostra as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 8 – Zona onde se situa o Acre e conseqüentemente a cidade de Rio Branco, conforme Figuras 22 e 23.

Figura 24 - Carta Bioclimática 8, Rio Branco, Acre, Região Norte



Fonte: NBR 15220, 2005

Figura 25 - Carta Climática apresentando as normais climatológicas de cidades desta Zona 8.



Fonte: NBR 15220, 2005

As zonas da carta correspondem às seguintes estratégias:

- A** – Zona de aquecimento artificial (calefação)
- B** – Zona de aquecimento solar da edificação
- C** – Zona de massa térmica para aquecimento
- D** – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
- E** – Zona de Conforto Térmico
- F** – Zona de desumidificação (renovação do ar)
- G + H** – Zona de resfriamento evaporativo
- H + I** – Zona de massa térmica de refrigeração
- I + J** – Zona de ventilação
- K** – Zona de refrigeração artificial
- L** – Zona de umidificação do ar

2.11.4. Desempenho Lumínico

Segundo Labaki e Bueno-Bartoholomei (2001) uma boa iluminação que seja adequada para execução de tarefas e as necessidades biológicas do homem que abrange os processos psicológicos devem ter quantidade e qualidade suficiente de luz para que cada pessoa tenha uma percepção boa dos ambientes.

A luz natural tem uma qualidade superior à luz artificial, pois é por ela que o homem se permite, através de sua variabilidade, ter uma percepção do espaço-temporal contextual do ambiente onde se encontra. A percepção de intensidades diferentes de luz sobra e reprodução de cores é fundamental ao funcionamento do seu relógio biológico, passando pelo equilíbrio entre qualidade e quantidade, mas, sobretudo pela escolha adequada da fonte de luz natural ou artificial para o ambiente (LAMBERT *et. al.*, 2004).

A preferência humana pela iluminação é subjetiva e, portanto, difícil de ser estimada, pois ela varia de sexo, idade da pessoa, hora do dia e as relações contextuais do local.

A iluminação natural sempre é a mais tolerada pelas pessoas, porém a natureza da tarefa desempenhada, a idade da pessoa pode influir no nível

adequado de iluminação local. Sendo ela insuficiente, pode causar fadiga, dor de cabeça e irritabilidade, além de provocar erros e acidentes.

A existência de um bom conforto visual em um determinado ambiente se dá por um conjunto de condições, nas quais, o homem pode executar suas tarefas visuais com máxima acuidade e precisão visual, gerando um menor esforço, com menor risco de prejuízo à vista e reduzidos riscos de acidentes. As condições são: iluminância suficiente, boa distribuição de iluminâncias, ausência de ofuscamento, contrastes adequados, que se dá pela proporção de luminâncias e bom padrão e direção das sombras (LAMBERT *et. al* 2004).

A disponibilidade da luz natural, obstruções externas, tamanho a orientações e posição das aberturas, características dos vidro, tamanho e geometria do ambiente e a refletividade das superfícies internas, resultam na distribuição da luz no interior dos ambientes. Outros fatores importantes que influenciam na eficiência da luz natural são: iluminação da abóboda celeste, o ângulo de incidência da luz, a cor utilizada no ambiente e a cor e natureza dos vidros das esquadrias.

Segundo Graça *et. al* (2001), os fatores que podem contribuir ou não para um bom conforto luminoso são a orientação das fachadas ou azimute de implantação dos ambientes, a forma e a possibilidade de abertura de cada ambiente.

A abobada celeste do Brasil está entre as mais luminosas do mundo, para tanto, torna-se dispensável a utilização de iluminação artificial durante grande parte do dia e neste sentido, traz contribuição para a redução do consumo energético das edificações (SPANNEBERG, 2006)

Quanto à legislação do conforto visual em vigência no Brasil, a mais recente é a NBR 15215: Iluminação natural e a NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005 e 2007), onde a última preconiza que:

“Durante o dia, as dependências da edificação habitacional listadas na Tabela 2 (da Norma) devem receber conveniente iluminação natural seja ela oriunda diretamente do exterior ou indiretamente através de recintos adjacentes. Para o período noturno, o sistema de iluminação artificial deve proporcionar condições internas

satisfatórias para ocupação dos recintos e circulação nos ambientes com conforto e segurança.”.

A NBR 15215(2005)/15575(2007) (Iluminação natural e Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho) estabelece no que diz respeito aos níveis mínimos de iluminação natural, os valores gerais de iluminamento nas diferentes dependências do edifício habitacional, os quais devem atender ao disposto na Tabela 15. A NR15 (1978) é um conjunto normativo que organiza e disciplina o que é considerado um trabalho insalubre.

A existência desta norma é indispensável porque, de acordo com a legislação trabalhista vigente, empregados em condições insalubres recebem um acréscimo no salário, dependendo das condições às quais são submetidos. Quanto mais grave ou intensa é considerada a insalubridade, maior é o acréscimo no salário, limitado a 40%.

A referida Norma descreve os cinco principais tipos de insalubridade e determina os níveis máximos aos quais os trabalhadores podem ser submetidos. Ela tem caráter de cumprimento obrigatório e deve ser adotado por empresas e indústrias de todos os setores. A aplicação desta Norma é fundamental tanto para o empregador quanto principalmente para os colaboradores. Dentre seus objetivos e sua importância estão questões como:

2.11.5. Garantia da segurança do trabalhador.

A garantia da segurança do trabalhador é a principal motivação para a existência da NR15 (1978) consiste em garantir a segurança do trabalhador na execução de suas funções. Como atividades insalubres oferecem mais riscos para a saúde, a aplicação dessa norma ajuda a orientar empregadores sobre limites que devem ser obedecidos.

Em geral, isso serve tanto para evitar problemas pontuais na saúde dos trabalhadores como também para diminuir a ocorrência de doenças laborais.

O aumento da produtividade por mais que não seja exatamente o seu objetivo principal da norma, também é importante para aumentar a produtividade

do negócio. Isso porque trabalhadores mais saudáveis faltam menos e, com menos absenteísmo, há mais produção.

Considerando que a norma serve, principalmente, para estabelecer as condições do trabalho insalubre, ainda estabelece níveis de trabalho dentro de determinadas condições. Dentre as possibilidades, estão questões como:

A exposição ao ruído contínuo é aquela que acontece de maneira ininterrupta, mesmo que apenas em intervalos mais longos. Ele deve ser medido em decibéis (dB) e o tempo de exposição possível ao trabalhador depende desse valor.

Trabalhadores que ficam expostos a um ruído contínuo de 85 dB ou menor podem ficar expostos a ele durante 8 horas. Já um ruído de 115 dB permite exposição máxima de 7 minutos. Os valores entre 85 e 115 dB possuem tempos específicos de acordo com o nível do barulho

O ruído de impacto é o que possui um pico de audição mais curto, geralmente de um segundo ou um pouco mais. Ele acontece de maneira eventual e, por isso, o trabalhador pode estar exposto a ele para mais tempo desde que sejam usados os equipamentos de proteção auricular.

Na Norma vigente, fica determinado que o valor máximo do ruído de impacto é de 130 dB. Acima de 140 dB, o risco é grave e iminente.

Quanto a exposição ao calor, a elevação da temperatura corporal na execução do trabalho pode causar não apenas perdas de produtividade, mas também riscos à saúde. Sendo assim, a NR15 limita a exposição de calor dependendo do nível de trabalho.

No caso de trabalho leve contínuo, por exemplo, a temperatura pode ser de até 30,0 IBUTG, medida que depende do tipo de ambiente e das temperaturas medidas. Já se o trabalho for pesado, o valor máximo é de 25,0.

Para um trabalho leve com 15 minutos de pausa para cada 45 minutos de trabalho, os índices variam de 30,1 a 30,6. No caso de atividade pesada, vai de 25,1 a 26,9.

Há também definições para o trabalho moderado e para outras relações entre pausa e trabalho. Porém, há casos em que o trabalho não pode ser

executado sem medidas de controle. No caso de atividade leve, isso fica acima de 32,2 IBUTG. Para atividades moderadas, o valor é de 31,1 e para atividades pesadas, acima de 30,0.

Considerando o método construtivo diferenciado em relação ao convencional, espera-se que o uso da NR15 para mensurar os dados, aproxima o ambiente residencial ao laboral, no sentido prático teórico aja vista que a norma de desempenho NBR 15.575 não dispõe de referencial técnico para o material utilizado para construção.

A NBR ISO 8995-1 é direcionada para ambientes de trabalho internos, e todas as novas obras e reformas devem estar adequadas à determinação. A norma substitui a ABNT NBR 5413 (Iluminância de interiores), com última revisão em 1992, e a ABNT NBR 5382 (Iluminação de ambientes de trabalho), que havia sido inicialmente publicada em 1977 e que se encontrava sem atualização há 33 anos (desde 1985).

Para este estudo levou-se em consideração importantes questões com estudo de um projeto que se adeque à sua realidade, proporcionando bem-estar e conforto para os moradores.

Tabela 14 - Níveis de iluminação natural.

| Dependência | Iluminamento geral para o nível mínimo de desempenho Lux |
|--|---|
| Sala de estar, Dormitório, Copa / cozinha, Banheiro, Área de serviço | ≥60 |
| Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios), Escadaria de uso comum (prédios), Garagens/estacionamentos | Não exigido |
| NOTAS 1) Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminamento ligeiramente inferiores aos valores especificados na Tabela acima (diferença máxima de 20% em qualquer dependência). 2) Os critérios desta Tabela não se aplicam a áreas confinadas ou enclausuradas (por exemplo, banheiros) que não tenham iluminação natural. | |

Fonte: NBR 5413 (1992)

3. PROCEDIMENTO METODOLOGICO DA PESQUISA

O processo de construção desta dissertação constitui-se de um sequenciamento de procedimentos científicos da reconstrução do conhecimento em torno do tema explorado. Portanto, é necessário que estes procedimentos metodológicos sejam explicitados (DEMO, 1995).

Quanto ao objetivo, trata-se de pesquisa explicativa, uma vez que explica a razão e o porquê dos fenômenos. Quanto à forma de abordagem, classifica-se como qualitativa, pois enfatiza a compreensão profunda de certos fenômenos físico-mecânico-morfológico, apoiados no pressuposto teórico dos estudos de temperatura e acústica. Quanto aos procedimentos técnicos de coleta de dados, esta pesquisa investiga os resultados de observação de campo, conforme as características apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Características da pesquisa desenvolvida neste trabalho.

| Classificação | Descrição |
|------------------------|--|
| Natureza | Habitação Unifamiliar de Bambu |
| Objetivos | Viabilidade |
| Abordagem | Qualitativa e quantitativa |
| Procedimentos técnicos | Análise de uma casa construída de Bambu no Município de Rio Branco |

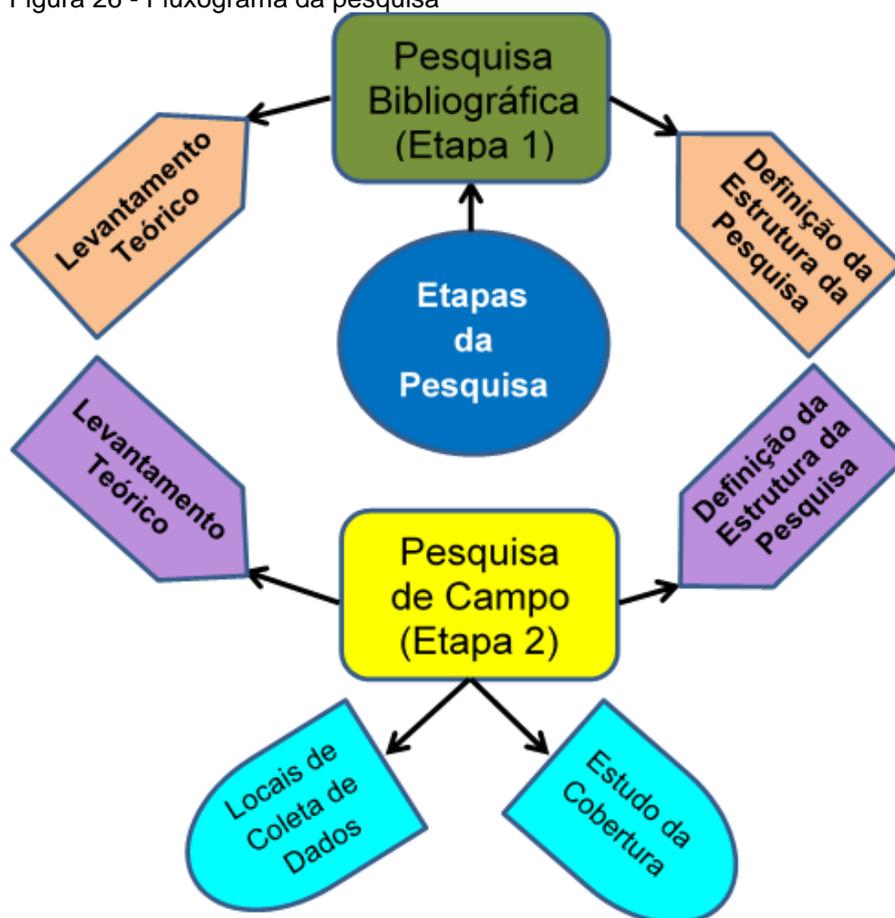
Fonte: Dados da pesquisa, 2018

A seguir, estão descritas as etapas dos procedimentos metodológicos de coleta e análise de dados do trabalho.

3.1. Procedimentos Metodológicos da Coleta e Análise de Dados

Para Malhortra (2001) um projeto de pesquisa pode ser concebido com mais de uma abordagem, podendo combinar concepções em torno da natureza do problema e atendendo a diversas finalidades. Para melhor compreensão do desenvolvimento da presente pesquisa, a Figura 27 apresenta as etapas que foram propostas nessa construção.

Figura 26 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Na primeira etapa foi realizado o levantamento bibliográfico da literatura acerca do tema proposto. A pesquisa envolveu o estudo sobre habitação desde os tempos primórdios e a evolução da moradia a partir dos períodos de 1950 até 2016. Este tipo de investigação fornece um instrumento analítico para todo tipo de pesquisa, e pode ser realizado com base na consulta de material publicado em livros acadêmicos, revistas científicas e jornais especializados, redes eletrônicas, onde estão materiais acessíveis ao público em geral (VERGARA, 2000).

O Quadro 4 apresenta a base de consulta e a justificativa para a pesquisa bibliográfica realizada no desenvolvimento da pesquisa.

Quadro 4 - Base de consulta e justificativa da pesquisa desenvolvida neste trabalho.

| Pesquisa | Bibliográfica |
|------------------|---|
| Base de consulta | Livros, Artigos, Teses, Relatórios e pesquisas de órgãos públicos associações e cooperativas, |
| Justificativa | Inovação da construção unindo meio ambiente, conforto ambiental, viabilidade, economia e segurança. |

Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Para a etapa 2, foi realizada pesquisa de campo. O desenvolvimento dessa etapa foi marcado por deslocamento ao local onde se encontrava o objeto de pesquisa, a fim de alcançar os objetivos da pesquisa, de modo que se tenham argumentos para se dissertar acerca do tema envolvido.

Para Martins (1999) existem três procedimentos mais utilizados na coleta de dados: 1. Observação participativa; 2. Entrevista; 3. Exame de documentos. Nesta pesquisa foi realizada a coleta de dados na Universidade Federal do Acre (UFAC), Fundação Tecnológica do Acre (FUNTAC), Associação de Produtores Rurais do Acre (ASPROAC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – (EMBRAPA), Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa do Acre (SEBRAE/AC). Além disso, foram realizados ensaios *in loco* para avaliação do desempenho da edificação objeto da pesquisa.

3.1.1. Levantamento da Construção

É considera pesquisa por documentação indireta quando se é utilizado levantamento por estudos bibliográficos. Godoy (1995) afirma que a análise documental “pode ser utilizada como uma técnica complementar, validando e aprofundando dados obtidos por meios de entrevistas, questionários e observações”. Ainda, pode se aceitar exame de matérias de natureza diversa, ainda que mesmo sem tratamento analítico e que pode ser reexaminado no alcance por interpretações novas e complementares, salienta Moreira (1997).

Para utilização, tem-se como exemplos: materiais escritos como jornais, revistas, obras literárias, científicas e técnicas, cartas, memorandos, relatórios, plantas arquitetônicas, bem como materiais estáticos ou elementos iconográficos (MOREIRA, 1997).

A análise documental se assemelha com a pesquisa bibliográfica, porque possibilita ao investigador a cobertura de uma grande amplitude de fenômenos e a pesquisa de fatos históricos passados. Para tanto, foram

avaliados e analisados os fatos que possibilitaram a elaboração do trabalho, onde se levou em conta a história e as afirmações de pessoas ligadas ao empreendimento habitacional em questão.

A construção foi idealizada e edificada por um artesão, desta forma, não se tem projeto arquitetônico e complementar, assim como, memorial descritivo dos materiais utilizado. Para o caso será levado em conta os relatos feitos pelo artesão construtor, com visitas da pesquisadora *in loco* e a utilização de um vídeo editado pela FUNTAC/ACRE (2015). Para estudos de detalhes foi utilizado o registro fotográfico, sendo necessária a reconstituição da planta arquitetônica.

3.1.2. Levantamento Fotográfico

Segundo Godoy (1995), a forma da observação é essencial no estudo de caso, de modo a captar aparências, eventos ou comportamentos. Neste modo de observação não-participante, o pesquisador é meramente um espectador atento, que como afirma Godoy “procura ver e registrar o máximo as ocorrências que interessem ao trabalho”, e que se baseia em um roteiro pré-estabelecido.

Esta técnica de observação é vez outra combinada com entrevistas, conformando-se em um levantamento técnico exaustivo.

O modo de observar não-participante, possibilita o pesquisador entrar em contato com a realidade estudada sem que necessariamente se integre a ela. Consiste em o pesquisador apenas observar o real somente como espectador. São uteis para as avaliações do comportamento físico e comportamentos das famílias beneficiadas os registros fotográficos, pois permitem avaliações após os fatos ocorridos sem suas respectivas cenas e acontecimentos, (ROMÉRIO E ORNSTEIN, 2003).

Para a presente pesquisa durante a visita *in loco* da habitação construída em bambu foi realizado registro fotográfico e feita anotações sobre as principais características e elementos que compõe a construção.

3.1.3. Técnicas empregadas na Coleta e Análise de Dados de Desempenho da Edificação

Foram efetuadas as coletas dos dados para análise de desempenho da edificação considerando as atividades:

- ✓ Medições “*In loco*”;
- ✓ Análise de projeto e simulações de desempenho térmico;
- ✓ Características da Região;
- ✓ Registro de Imagens e aspectos originais;
- ✓ Mapa da Área Coordenada Geodésica.
- ✓ Técnicas a serem usadas para medições e os equipamentos utilizado em cada função de cada aferição.

Para uma maior compreensão, as medições ocorreram num período de exposição de 3 (três) dias, e realizadas nos dias 24 a 30 de agosto e 6 de setembro 2015 em um intervalo de tempo de 1 (hora) entre um turno e outro, pois ocorria a troca de bateria.

No período da medição, a casa estava totalmente vazia, sendo que um dia antes, fora realizado um pré-teste sem absoluta interferência nos registros, o qual se mostrou favorável.

Ressalta-se que, uma vez posicionado e ligado o aparelho, tanto a pesquisadora quanto o dono da casa saíram para a área externa, de modo que o aparelho fizesse o registro sem qualquer interferência. Esse procedimento foi repetido no pré-teste, sendo escolhidos os pontos para as outras medições.

3.1.4. Pesquisa de Campo

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, foram realizadas as seguintes atividades de campo:

Visita *in loco*

A visita se deu no mês de setembro de 2017, na residência de construção mista bambu e alvenaria, em horários diferentes, percorrendo a área da construção, pois se trata de uma área rural circundada por um lago, pomares e próximo à BR 364. Após percorrer a área do imóvel, foi realizada a marcação dos pontos para aferir a temperatura, a sonorização e o lumínico. Para a área externa realizou-se a aferição de dois pontos: o primeiro foi marcado a uma

distância de 10 metros e o segundo exatamente na BR 364, em seguida os pontos internos, parte térrea construída de alvenaria, onde o ponto determinado para aferição foi no centro, e parte construída de bambu do mesmo modo no centro.

Verificação de temperatura

Para a verificação de temperatura utilizamos o aparelho que monitorava a temperatura e o ponto de aferição utilizado na parte externa 10 metros e na BR 364, além da parte interna, onde aferiu-se na parte de alvenaria convencional e na parte de parede com bambu o centro do local de estudo. Tais medições ocorreram no mês de setembro de 2017, entre as 8:00-14:00h, com intervalo de 15 em 15 minutos, onde neste período o clima estava seco e a temperatura variava entre 25-32°C.

Aferição Sonora

A aferição sonora foi realizada utilizando o aparelho de pressão sonora, sendo que devido ao local ser rural, havia a presença de animais e uma rodovia federal com tráfego de veículos em ritmada frequência; Deste modo, as aferições foram realizadas na BR 364 e nas proximidades do local de estudo, além da parte interna da edificação com as janelas primeiro fechadas e depois abertas, sendo estas realizadas no mês de setembro de 2017, entre as 8:00-14:00h, com intervalos de 15 em 15 minutos

Medição Lumínica

Ao fazer a medição do Lumínico, verificou-se um dia ensolarado com ausência de nuvens, onde a incidência de sol neste período é intensa, porém com redução dessa intensidade pela presença no local de uma área verde com arvores, pomares e lagos naturais. Para tanto, externamente foram registradas em dois pontos, o primeiro próximo ao local de estudo, há 10 metros, e o outro na BR 364. Quanto a parte interna, foram realizadas exatamente nos mesmos pontos daquelas para medição de temperatura e aferição sonora, ou seja, parte central de construção de alvenaria e parte central na construção com bambu.

3.2. Local das Medições

A casa, uma residência unifamiliar, objeto de estudo deste trabalho está localizada a 12 km do centro do município de Rio Branco, Estado do Acre, e situa-se a 200 m da BR 364, no Km 07, em frente a subestação de energia elétrica da ELETROBRAS (Figura 28) – no sentido de quem vai de Rio Branco para Porto Velho, em uma área de chácara. As coordenadas geográficas do local são S10°53.36" e W 67°44,04.06" (DATUM SIRGAS2000), e UTM635,701,76 m E 8.8926682,29 m S – ZONA 19, sendo as medições realizadas nos dias 24 e 30/08/2015 e 06/09/2015.

Figura 27 – Localização da habitação objeto do presente estudo.



Fonte: Google Map, 2018

3.2.1. Aferição de temperatura

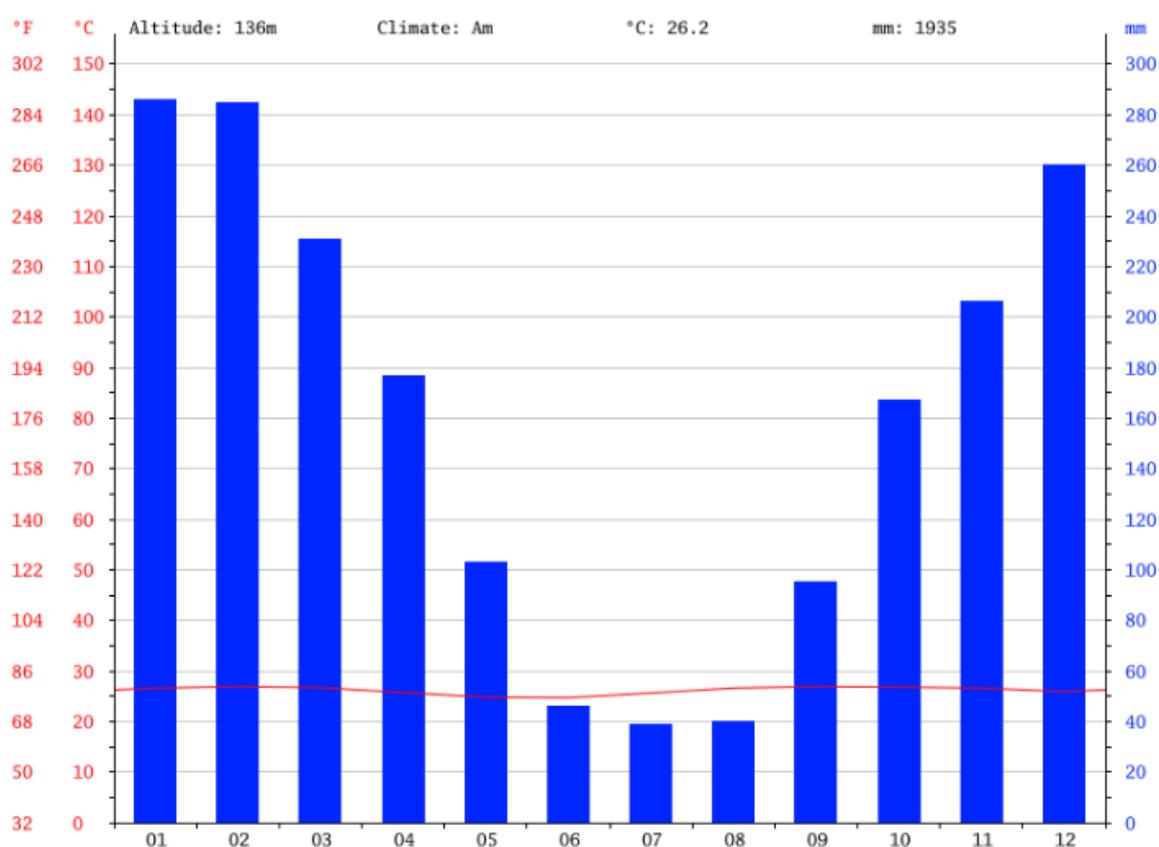
O estudo da temperatura é importante por se tratar de um local com temperaturas que variam no verão intenso de 30 a 40°C, que segundo as aferições do Climate-Data a média anual é de 26,2, Tabela 16 e Gráfico 1, sendo o conforto térmico um componente primordial para uma habitação unifamiliar. Por esta razão, foi realizada a aferição *in loco* nos três turnos para analisar o conforto do ambiente.

Tabela 15 - Tabela Climática de Rio Branco

| | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperatura Média °C | 26.6 | 26.9 | 26.7 | 25.7 | 24.8 | 24.7 | 25.6 | 26.6 | 26.9 | 26.8 | 26.6 | 25.9 |
| Temperatura Mínima °C | 22.4 | 22.5 | 22.4 | 20.7 | 19.4 | 18.4 | 19 | 20.4 | 21.4 | 21.7 | 22 | 20.5 |
| Temperatura Máxima °C | 30.9 | 31.3 | 31.1 | 30.7 | 30.3 | 31.1 | 32.3 | 32.8 | 32.7 | 32 | 31.3 | 31.4 |
| Temperatura Média °F | 79.9 | 80.4 | 80.1 | 78.3 | 76.6 | 76.5 | 78.1 | 79.9 | 80.4 | 80.2 | 79.9 | 78.6 |
| Temperatura Mínima °F | 72.3 | 72.5 | 72.3 | 69.3 | 66.9 | 65.1 | 66.2 | 68.7 | 70.2 | 71.1 | 71.6 | 68.9 |
| Temperatura Máxima °F | 87.6 | 88.3 | 88.0 | 87.3 | 86.5 | 88.0 | 90.1 | 91.0 | 90.9 | 89.6 | 88.3 | 88.5 |
| Chuva (mm) | 286 | 285 | 231 | 177 | 106 | 46 | 39 | 40 | 95 | 167 | 206 | 260 |

Fonte – Date-Climate (2018)

Gráfico 1 - Climograma de Rio Branco



Fonte: Fritsch, 2006

3.2.2. Acústica

Estudos com sonoridade apontam que 55 Decibéis são suportáveis, (decibéis ponderados na escala A), a partir deste ponto, começa-se um processo de *stress* auditivo (Fritsch, 2006), por isso, fez-se necessário a aferição da

capacidade de isolamento acústico dos elementos construtivos, tais como portas e janelas fechadas e abertas.

Assim como na aferição da temperatura, também para avaliação da acústica foi realizada coleta de dados *in loco* nos três turnos.

3.3. Caracterização dos Instrumentos de Medições

Como já mencionado, as medições “in loco” foram realizadas em uma habitação construída em bambu, localizada na região de Rio Branco no Estado do Acre. Para medição das temperaturas foi empregado o medidor de stress térmico, INSTRUTHERM, modelo TGD/400 (Figura 29) e o procedimento tomado seguiu as instruções do fabricante conforme o manual do aparelho, para melhor precisão nos dados registrados.

Figura 28 – Medidor de Stress Térmico – TGD/ 400.

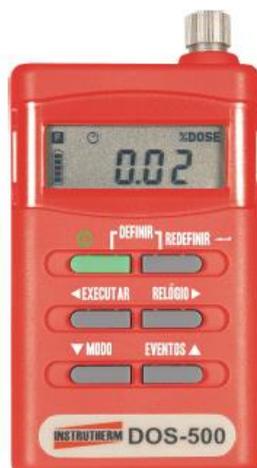


Fonte: Instrutherm, 2018

As medições de desempenho acústico foram realizadas considerando pressão sonora externa e interna. Para realiza-las foi utilizado um medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro) da marca INSTRUTHERM, DOSÍMETRO PESSOAL DE RUÍDO COM RS-232 e DALOGGER MODELO

DOS-500, de nº 120902119 E 3, conforme a Figura 30, ANSI S1.25 – 1991, Ponderação A, ISO 1999, BS 6402:1983. 58.

Figura 29 - Aparelho utilizado para medição do ruído.



Fonte: Instrutherm, 2018

O aparelho foi calibrado por meio de um calibrador acústico, antes e depois dos conjuntos de medições. Para realizações das medições foram seguidas as recomendações da norma NBR.

Os índices de poluição sonora aceitáveis estão determinados de acordo com a zona e horário segundo as normas NBR 15.215-4 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004).

Os níveis de pressão sonora foram registrados em intervalos de 1 (um) segundo durante duas horas e cinquenta e dois minutos, totalizando 174 medições. Devido o aparelho não realizar o cálculo instantâneo do nível de pressão sonora equivalente (LA_{eq}), este valor foi determinado pela Equação 7.

$$LA_{eq} = 10 \log_{10} n \sum 10L_i 10n_i = 1 \quad (7)$$

Onde:

L_i - é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (*fast*) a cada 5 s;

n - é o número total de leituras

n_i - é o numero inicial de leitura

As medições de desempenho lumínico dos níveis de iluminâncias interna na unidade analisada foram feitas pelo aparelho medidor multifuncional, modelo ITMP-600, da INSTRUTEMP – Instrumento de Medições, conforme Figura 31. Para as medições foram seguidas as instruções contidas na NBR 15.575 (ABNT, 2007) e na NBR 15.215-4 (ABNT, 2004). As medições ocorreram num período exposição de 2 (duas) hora e cinquenta e dois minutos.

Figur 30 - Medidor multifuncional ITMP-600.



Fonte: Instrutherm, 2018

Para atender os requisitos do desempenho térmico foram analisados os projetos sob o ponto de vista da ventilação dos ambientes internos na unidade habitacional e o sombreamento das paredes externas, conforme disposto no método de avaliações contidos na NBR 15.575 (ABNT, 2007).

Para a análise dos requisitos de desempenho térmico como insolação térmica da cobertura e adequação de paredes internas foi utilizado o software Transmitância (LABEEE, 2004), versão 1.0 (beta), que é uma ferramenta computacional desenvolvida para o auxílio da aplicação dos métodos de cálculo de propriedades térmicas de componentes construtivos amparados pela NBR 15.220-05 – Desempenho Térmico das Edificações (ABNT, 2003).

O programa permite cálculos de Transmitância Térmica ($W/m^2.K$); Resistencia Térmica ($m^2.K/W$); Capacidade Térmica ($kJ/m^2.K$); Fator de Calor

Solar e Atraso Térmico (horas), tendo como parâmetros as especificações técnicas dos materiais e dos sistemas construtivos constantes dos projetos arquitetônicos e dos memoriais descritivos da tipologia empregada. Foi utilizado para as medições o aparelho da INSTRUTHERM, MEDIDOR DE STRESS TÉRMICO, Modelo: TGD-400.

As medições foram realizadas nos dias 24 e 30/08 e 06/09/2015, no período vespertino, em dias sem nuvem e ensolarado. As medições foram realizadas com o aparelho em um pedestal equidistante das paredes, no centro do ambiente (sala), a 1,50m de altura do piso, no plano horizontal, e a 0,75 cm acima do nível do piso, com a iluminação artificial desligada. As janelas foram abertas e o ambiente encontrava-se habitado, mas sem interferências de cortinas, móveis, e portas internas abertas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização do Estudo de Caso

A casa construída com material de alvenaria e bambu, atendendo o objetivo específico, objeto deste estudo, foi projetada como uma residência unifamiliar de dois pavimentos, sendo o térreo composto de uma sala, cozinha, banheiro e área de serviço, totalizando uma área de 51,11 m² (Figuras 32 a 35).

Figura 31 - Casa de bambu na área rural de Rio Branco/AC.

Fonte: Dixon Gomes Afonso (2011)



Figura 32 - Vista lateral externa do pavimento superior, objeto da pesquisa.



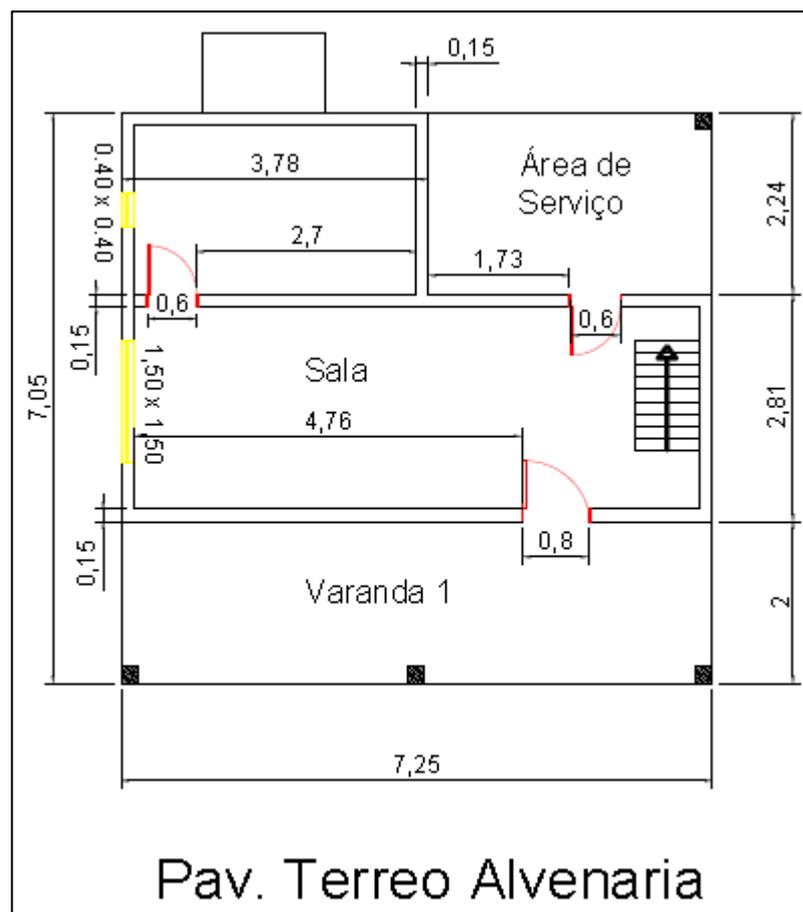
Fonte: Fotos da Autora, 2018

Figura 33 - Vista lateral externa da habitação estudada.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 34 - Planta baixa do pavimento térreo edificado com alvenaria.

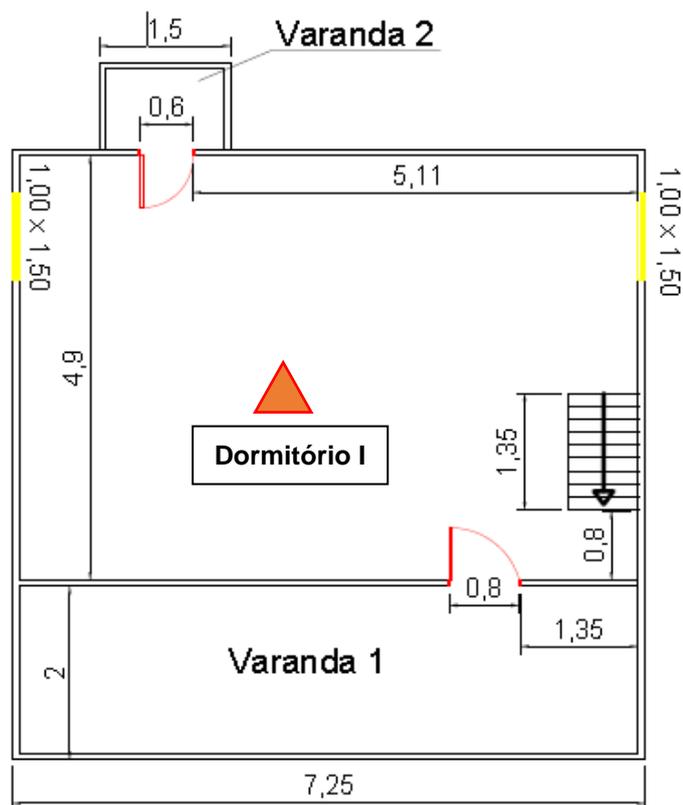


Fonte: Elaborado pela autora, 2018

O pavimento superior objeto de estudo deste trabalho tem uma área de 50,84 m² e é edificado com bambu, composto por um único ambiente que serve

de quarto e ateliê do artesão, possui uma varanda na frente e uma atrás da casa (Figura 36).

Figura 35 - Planta baixa do pavimento superior edificado com bambu.



Pav. Superior Bambu

Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Todos os compartimentos possuem janelas e portas e sua cobertura de telha 4 mm em amianto é sustentada por varas de bambu de 2 metros e 12 cm de diâmetro.

As instalações elétrica, hidráulica e sanitária são todas externas. Além disso, o local da construção é cercado de uma área verde extensa e um pequeno lago artificial aonde se cria peixes (Figura 37).

Figura 36 – Vista aérea da habitação analisada no presente estudo (círculo vermelho).



Fonte: Google Earth, 2018

4.1.1. Cobertura

A cobertura é composta por estrutura em madeira e telha de fibrocimento sem forro. Além disso, observa-se que as telhas de fibrocimento não apresentam qualquer pintura ou furos, trincas e rachaduras visíveis. Um detalhe da cobertura é mostrado na Figura 38.

Figura 37 - Detalhe da construção do interior do telhado com cobertura em telha fibrocimento



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

4.2 Avaliação do Desempenho

4.2.1 Considerações iniciais

Após as medições “in loco” e de posse dos registros, de acordo com os procedimentos especificados na NBR 10151 (ABNT, 2000) e NBR 10152 (ABNT, 1987) e indicados pela NBR 15575, procedeu-se as análises para avaliação do desempenho da edificação.

Ressalta-se o que já foi mencionado anteriormente, que foram realizadas 3 (três) aferições para avaliação das condições térmicas, acústicas e lumínicas. A primeira aferição foi realizada entre 6h e 10h, a segunda no período de 11 a 12h, e a terceira no horário de 14 às 16h.

4.2.2 Desempenho Térmico

Uma característica favorável quanto ao conforto térmico está na localização da edificação, pois como já mencionado, esta encontra-se em um lugar completamente arejado, contendo um pequeno lago de peixes e uma vasta plantação natural e cultivada, sendo um local privilegiado rodeado de árvores frutíferas de copas enormes que contribui para uma promover uma sensação de temperatura amena.

Além disso, observou-se que na edificação há ventilação cruzada de todos os lados, devido as janelas feitas de bambu sem vidro e sacadas espaçadas com portas de bambu, apresentando frestas.

Quanto as medições de temperatura para análise do conforto térmico, foram obtidos os valores apresentados nas Tabelas 17 e 18, além do Gráfico 2, onde pode-se observar que a situação mais desfavorável acontece no cômodo dormitório I construído em bambu, cujo valor médio é aproximadamente 10,8% superior ao limite estabelecido pela NR 15. Quanto à sala localizada no pavimento inferior, construído de alvenaria, observa-se o valor médio foi de aproximadamente 13,8% superior.

Tabela 16 – Valores das medições de calor

| MEDIÇÕES REALIZADAS NAS UNIDADES HABITACIONAIS – agosto/2015 | | | | | | |
|--|------------------|------------|------------|-------|---------------|-----------------|
| AVALIAÇÃO DE CALOR (IBUTG) | | | | | | |
| Ambientes | IBUTG encontrado | | | | | Limite da NR 15 |
| | 1º Medição | 2º Medição | 3º Medição | Média | Desvio Padrão | |
| Sala | 32,6 | 32,5 | 32,4 | 32,5 | 0,1 | 28,0 |
| Dormitório I | 31,0 | 31,5 | 31,6 | 31,4 | 0,3 | 28,0 |

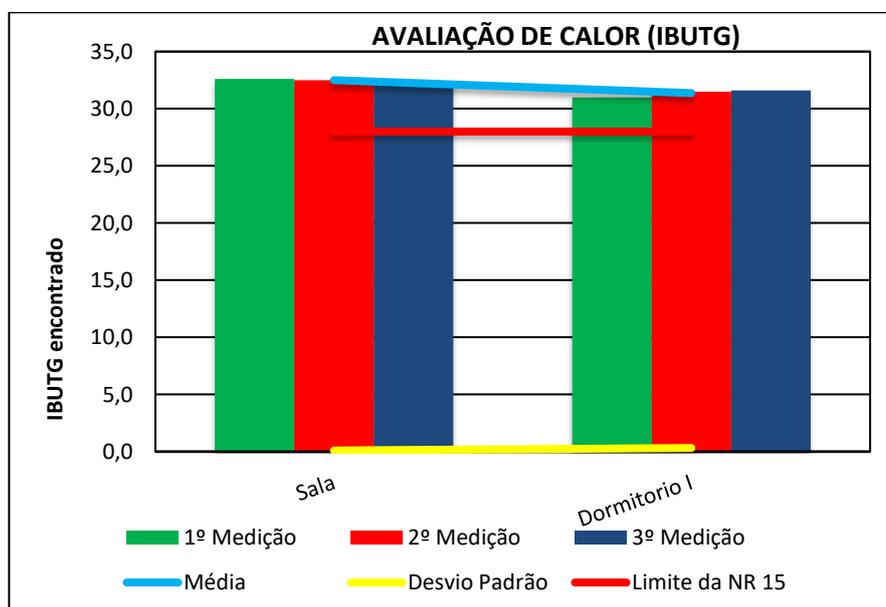
Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Tabela 17 - Valores de calor (IBUTG) no interior da casa

| PONTOS | IBUTG encontrado (média) | Limite da NR 15 | ANÁLISE |
|--------------|--------------------------|-----------------|------------|
| Sala | 32,5 | 28 | Inadequado |
| Dormitório I | 31,4 | 28 | Inadequado |

Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Gráfico 2 -IBUTG das dependências da casa



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

As Tabelas 17 e 18 mostram o desempenho dos ambientes internos com relação a exposição ao calor que foi avaliado através do “Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo”, conforme a descrição do Itens 3.6.3 e 3.6.4.

Desta forma, pode se ver através do cruzamento dos dados levantados “*in loco*” nas dependências da casa, conforme as Tabelas 17 e 18 e Gráfico 2, levando-se em conta o que preconiza a NR-15 e a Carta Bioclimática do Brasil, que a habitação apresenta índices acima do limite inadequado.

Observa-se que a cidade de Rio Branco se encaixa nas características das Letras I + J, K e L, que segundo Köppen e Geiger (no período 1951-2000 <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>) a classificação do clima é Aw, com 25.6 °C médio anual.

A temperatura média do ar apresenta pouca variação ao longo do período e o regime pluviométrico é caracterizado por um período mais chuvoso, cuja diferença entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso é de 293 mm. Os meses de junho a agosto são os meses de transição entre um regime e outro. A umidade relativa média do ar é elevada no decorrer do ano, em torno de 83,8% no verão e valores inferiores no outono – inverno com média, em torno de 77% (Instituto Nacional de Meteorologia). Deste modo, tem-se a necessidade de amenizar a sensação de calor com ventilação mecânica, refrigeração artificial e ou umidificação do ar.

4.2.3 Desempenho Lumínico

As medições *in loco* referentes aos desempenhos lumínicos das dependências estudadas são analisadas a partir das condições de iluminação natural em suas dependências, sendo verificado se os valores encontrados nas medições atendem àqueles preconizados pela NBR 15575 (ABNT, 2007), assim como, a análise referente às áreas mínimas de iluminação para os cômodos, observando se os valores calculados atendem àqueles determinados pela Lei nº 3705/2004.

4.2.3.1. Iluminação Natural

Os dados das medições foram aferidos nas mesmas três dependências as quais foram realizadas as medições de temperatura, sempre na região central da sala e do dormitório I, tendo janelas de bambu de 1,00 por 1,50 m.

As medições foram realizadas nos dias 24 a 30 de agosto e 6 de setembro 2015 no período vespertino, com céu sem nuvens, e a casa vazia, sem a interferência de cortinas ou outros obstáculos.

A Tabela 19 apresenta os valores obtidos para as medições do nível lumínico, donde observa-se que todos os valores estão abaixo do índice mínimo estabelecido pela NBR 5413, onde para a pior situação, cômodo I, o valor médio está 35% abaixo do índice mínimo.

Tabela 18 - Avaliação de Nível de Luminico - LUX

| Levantamento de Campo | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|------------|------------|-------|---------------|------------------------|
| AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE LUMINICO – LUX | | | | | | |
| Pontos | LUX ENCONTRADO | | | | | Índice Mínimo NBR 5413 |
| | 1º Medição | 2º Medição | 3º Medição | Média | Desvio Padrão | |
| Sala | 370,0 | 417,0 | 427,0 | 404,7 | 30,4 | 168,0 |
| Dormitório I | 290,0 | 290,0 | 307,0 | 295,7 | 9,8 | 168,0 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2018

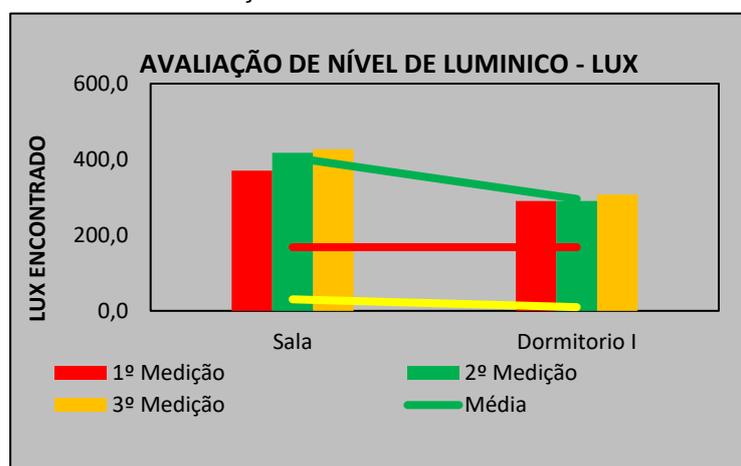
A Tabelas 19 e 20 e o Gráfico 3 mostram os resultados dessas medições frente aos valores de níveis mínimos aceitáveis de iluminação natural indicado pela NBR 15575.

Tabela 19 - Análise da iluminância dos ambientes da habitação

| AMBIENTE | ILUMINÂNCIA | | | | ANÁLISE |
|--------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| | MEDIÇÕES (Médias) | NÍVEL M | NÍVEL I | NÍVEL S | |
| Sala | 404,7 | ≥ 60 | ≥ 90 | ≥ 120 | Adequado |
| Dormitório I | 295,7 | ≥ 60 | ≥ 90 | ≥ 120 | Adequado |

Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Gráfico 3 -Valores das medições de nível de luminico da casa de bambu



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Da Tabela 20 e do Gráfico 3, pode-se observar que compartimentos, sala e dormitórios, atendem ao requisito mínimo de iluminação natural preconizado pela NBR 15575.

4.2.3.2. Avaliação do conforto térmico e lumínico frente aos elementos construtivos

Como descrito anteriormente, a residência possui dois pavimentos, o primeiro pavimento é feito de alvenaria e o superior feito com bambu (Figura 39).

Figura 38 - Estilo arquitetônico da casa.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

As esquadrias são compostas por portas de entrada e internas de madeira sem pintura de 0,80 x 2,10 m e as janelas de 1,30 x 1,50 m de bambu com 01 folha de abrir.

A Cobertura é composta por uma estrutura de engradamento de madeira de 7,65 x 5,60 m, e o telhado em telhas de fibrocimento com espessura de 6 mm com caimento de $i = 20\%$. A altura da Platibanda é de 1,00 m, conforme a Figura 40.

Figura 39 - Esquema da inclinação do telhado.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Conforme análise das condições térmicas com relação as características do projeto arquitetônico, observa-se que:

1. As dimensões e o número de esquadrias não são suficientes para permitir uma ventilação cruzada, possibilitando o conforto térmico dos seus usuários. Isso fica muito evidenciado quando se observa que o dormitório I que apresenta o pior desempenho (34,1 IBUTG, Tabela 18) é o que apresenta a menor relação entre a área de esquadrias no cômodo pela área do próprio cômodo, sendo 0,17, enquanto para a sala e dormitório II são 0,25 e 0,29, respectivamente;
2. A cobertura possui características que aumentam a temperatura no ambiente, tais como, telha em fibrocimento, telhado com pouca inclinação e baixa altura do oitão. Uma alternativa para melhorar as condições térmicas poderia ser a construção de um forro, uma vez que uma condição favorável é o oitão, onde se localiza o quarto, ser vazado, Figura 41 (setas vermelhas), possibilitando a circulação do ar sobre o quarto.

Figura 40 –Telhado construído diretamente sobre a alvenaria



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Desse modo, no período de verão máximo na cidade de Rio Branco, que apresenta média de temperatura máxima anual de 26,2 °C Clima-Data (2018), o morador tem que instalar equipamento de ventilação mecânica ou equipamento climatizador para se ter um ambiente com temperatura que propicie conforto térmico

Sendo assim, pode-se perceber que a edificação analisada é termicamente desconfortável sem o auxílio de ventilação mecânica ou condicionador de ar, conforme sugerida pela NBR 15220 para esta situação, neste caso, sugere-se tanto a refrigeração artificial quanto proteção das aberturas.

Como já dito, uma alternativa que pode amenizar o efeito da temperatura, principalmente no pavimento superior, é instalação de um forro, o qual pode ser construído em madeira, de modo a manter o estilo do pavimento superior. Além disso, pode-se instalar um oitão com estrutura treliçada de modo a permitir a circulação do ar entre a cobertura e o forro, ao invés daquele construído em madeira (Figura 41).

Quanto ao desempenho lumínico a edificação apresentou condições de iluminação aceitáveis, visto a grande luminosidade da abóbada celeste do país, o que possibilita as habitações dispensarem o uso de iluminação artificial durante grande parte do dia.

Assim, o aproveitamento da luz natural, ocorre em níveis bons em todos os ambientes da casa. Não há nenhum tipo de obstrução com cortinas ou outros elementos que impeça uma boa iluminação natural. Portanto, para o conforto lumínico, não há a necessidade de alterações na habitação com relação a novas aberturas.

4.2.4 Desempenho Acústico

O Desempenho acústico foi analisado a partir de medições “in loco” que aferiu os índices de isolamento das vedações e dos níveis de ruído existentes

no interior das habitações estudadas, e, se os valores encontrados atendem aos especificados na NBR 10151 (ABNT, 2000) e NBR 10152 (ABNT, 1987) e indicados pela NBR 15575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos. Os valores são apresentados nas Tabelas 21 e 22, além do Gráfico 4.

Tabela 20 - Avaliação de Nível de Pressão Sonora dB(A)

| MEDIÇÕES REALIZADAS NAS UNIDADES HABITAÇIONAIS – agosto/ 2015 | | | | | | |
|---|-------------------|------------|------------|-------|---------------|----------------------|
| AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA dB(A) | | | | | | |
| Ambientes | dB (A) encontrado | | | | | Valores dB(A) e NC * |
| | 1º Medição | 2º Medição | 3º Medição | Média | Desvio Padrão | |
| Sala | 35,1 | 36,3 | 35,8 | 35,7 | 0,6 | 85,0 |
| Dormitório I | 41,0 | 37,0 | 36,0 | 38,0 | 2,6 | 85,0 |

*Nc - Curva de avaliação de ruído (NC) (NBR – 10152/2000)

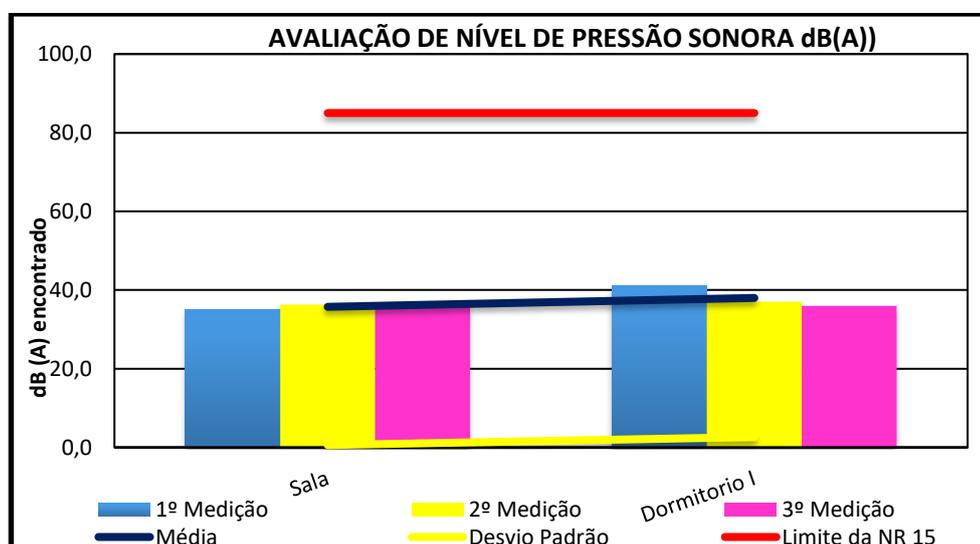
Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Tabela 21 - Nível médio tolerável de ruído (L_{Aeq}) no interior dos cômodos.

| PONTOS | L _{Aeq} – MEDIDO (média) | dB(A) CONFORTO | dB(A) ACEITÁVEL | ANÁLISE |
|--------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|----------|
| Sala | 35,7 | 40,0 dB(A) | 50,0 dB(A) | Adequado |
| Dormitório I | 38,0 | 35,0 dB(A) | 45,0 dB(A) | Adequado |

Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Gráfico 4 - Valores das medições da pressão sonora da casa de bambu



Fonte: Elaborado pela autora, 2018

Os níveis de ruídos L_{Aeq} foram obtidos para os mesmos ambientes analisados no conforto térmico e lumínico, sendo feitas medições dos níveis de pressão sonora nos ambientes voltados para a rua e interior dos pátios onde, conforme pode-se ver nas Tabelas 21 e 22, além do Gráfico 4, que são comparados com os limites estabelecido pelas NBR's e considerados adequados.

Deve-se salientar que a residência dista 200 m da BR 364 – sentido Porto Velho, e em média de 500 a 1000 m de outras edificações, ou seja, os registros captavam os carros e caminhões com a maior frequência que qualquer outro tipo de ruído, porém, verifica-se um nível muito abaixo do limite da NR 15.

No espaço temporal das medições, foram verificadas as fontes sonoras emitidas por tráfego na BR 364.

O nível mais alto foi encontrado no ambiente do dormitório, onde o nível médio medido foi 38,8%, o que mostra que o sistema construtivo se recente de melhoria na acústica, já que no ambiente da sala com nível médio de 35,7% se apresentou abaixo, devido estar localizada no andar térreo da edificação e edificada em alvenaria. Ambos são aceitáveis e se encontram dentro dos limites de “NC” para o conforto acústico, de acordo com a norma NBR – 10152/2000.

Os vãos de ventilação são fechados por janelas de correr de abrir simples de 1,30 x 1,50 m, sem nenhum tipo de tratamento, nas salas, cozinhas e dormitórios.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou dar um passo na direção de lançar um olhar sobre a questão de habitação construída utilizando o bambu, uma vez que são escassos os trabalhos envolvendo o tema de conforto em construções com este tipo de material.

Desse modo, procurou-se avaliar quanto ao conforto térmico, acústicos e lumínico uma construção existente que empregasse como matéria prima o bambu. A habitação selecionada para tal propósito foi uma unifamiliar construída na região de Rio Branco no Acre, onde é grande a concentração de uma espécie de bambu, o *guadua*. Portanto, devido a disponibilidade desse tipo de vegetação na região, o emprego do bambu como elemento construtivo para habitação unifamiliar se torna um tema de interesse social e econômico, sendo necessária a verificação quanto a sua viabilidade técnica.

A construção analisada consistia de uma parte térrea construída em alvenaria e uma superior executada empregando somente peças de bambu, sendo esta última o principal objeto da pesquisa.

A construção analisada apresentou desempenho inadequado para o conforto térmico, onde na pior situação, o dormitório I apresentou valor superior a 20% em relação ao limite da norma. Mesmo no pavimento superior, construído com bambu, o valor médio ainda é bem superior ao limite, aproximadamente 18%.

Por outro lado, todos os cômodos apresentaram desempenho adequado com relação ao conforto lumínico e acústico, onde os valores médios ficaram abaixo do mínimo estabelecido pela norma.

Muito embora os valores tenham conduzido a avaliação do conforto térmico como inadequado, não se pode concluir que a habitação construída com bambu seja inadequada do ponto de vista do seu desempenho, pois, da análise do projeto arquitetônico frente aos valores obtidos para os referidos confortos, observa-se que intervenções no projeto original podem conduzir a valores aceitáveis de acordo com a norma. Uma alternativa simples que poderia conduzir a resultados melhores em termos de conforto térmico, principalmente, no

cômodo do pavimento superior, construído com bambu, seria a colocação de um forro, o qual também poderia ser de bambu. Essa alternativa poderia ser complementada com a alteração da estrutura do oitão, de tábuas para treliça em madeira, possibilitando a melhor circulação do ar entre a cobertura e o forro.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sendo assim, com base nas observações anteriores, deve-se investigar mais a fundo as edificações que empregam o bambu como matéria prima, principalmente para habitação unifamiliar de interesse social. Logo, como sugestão para trabalhos futuros tem-se:

- ✓ Avaliar uma habitação unifamiliar construída com bambu quanto ao conforto térmico e compará-la com outra empregando materiais convencionais da região.
- ✓ Projetar e construir um protótipo em escala real de uma habitação com bambu, levando em consideração características arquitetônicas com o objetivo de obter os melhores indicadores para os confortos térmico, acústico e lumínico.
- ✓ Avaliar quanto o comportamento estrutural uma habitação unifamiliar construída com bambu.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5.382: **Verificação de Iluminância de Interiores**: Iluminação de ambientes de trabalho, 1985.

_____ (ABNT). NBR 5.413: **Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

_____ (ABNT). NBR 7.731: **Guia de execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem**. São Paulo, 1983.

_____ (ABNT). NBR 10.151: **Acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento**. São Paulo, 2000.

_____ (ABNT). NBR 10.152: **Níveis de ruído para o conforto acústico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____ (ABNT). NBR 15.215-4: **Iluminação Natural**. Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.

_____ (ABNT). NBR 15.220: **Desempenho Térmico de Edificações**. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, 2003

_____ (ABNT). NBR 15.220-05: **Desempenho Térmico das Edificações**. Parte 4: Conforto ambiental. Rio de Janeiro, 2003.

_____ (ABNT). NBR 15.575: **Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos**. Rio de Janeiro, 2007.

_____ (ABNT). NBR 15.575-5: **Edificações habitacionais – Desempenho**. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

_____ (ABNT). NBR ISO 8995-1. **Iluminação de ambientes de trabalho**. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

_____ (ABNT). NR 15. Norma Regulamentadora nº 15. **Atividades e Operações Insalubres**. Rio de Janeiro, 1978.

ALMEIDA, J. G. **Projetando com Bambus**. 2004. Material em forma de apostila do curso realizado entre 09 e 11 de setembro de 2004. CREA-GO. Goiânia. 2004.

AZZINII, Anísio; ARRUDA, Maria Carla Queiroz de; TOMAZELLO FILHO, Mário; SALGADO, Antônio Luiz de Barros; CIARAMELLO, Dirceu.

Variações dos teores de fibras celulósicas e amido no colmo de bambu. Artigo Científico, Bragantina, Campinas 1986.

BAMBU HÚ. **Porque o bambu?** Disponível em <http://bambuzhu.com/bambu-suas-especies-e-potencial/porque-o-bambu/>. Acessado em 30.03. 2018. 2018.

BANERJEE, Ubhabrata Boboby. **Who Sustains Whose Development? Sustainable Development and the Reinvention of Nature**. International Graduate School of Management, University of South Australia, January, 2003.

BARBOSA, A. G. **Produção do espaço e transformações urbanas no litoral sul de João Pessoa-PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia): Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. **Bambu Laminado Colado (BLC)**. Revista Floresta e Ambiente. V. 10, n. 2. p 36 – 46. 2008.

CARBONARI, Gilberto *et al.* **Bambu – o aço vegetal**. Mix Sustentável, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 17-25, set./mar. 2017.

CLIMATE-DATE, **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em < <https://pt.climate-data.org/>>. Acessado em 12.03.2018.

CORRÊA, Andréa A. R., ANTÔNIO C. Neri, RODRIGUES, Maykmiller Carvalho; MENDES, Lourival Marim. **Construções não-Convencionais: Evolução em Sustentabilidade**. Artigo apresentado no XXIII CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA - 27 de outubro à 01 de novembro de 2014.

CUEVA, Mário Egoavil: **Bambu: Biologia, Cultivo, Manejo e Uso no Peru**. Artigo, Ministério da Agricultura Direction General de Competitividade Agrária, 2011.

DEMO, P. **Avaliação qualitativa**. 7.ed. Campinas: Autores Associados, 2002.

DEMO, P. **Metodologia científica para cursos superiores**. 1. ed. São Paulo: Atlas. 1995.

DIXOM, Afonso; CÂNDIDA, Marlúcia; SGORLA, Carolina; MACIEL, Aldemar dos Santos. **Missão técnica Brasil – Colômbia**, Ministério da Ciência e Tecnologia e do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 2015.

DIXON P. G.; Gibson L. J.. **The structure and mechanics of Moso bamboo material**. Journal of the Royal Society, Interface 11: 20140321. 2014.

DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme (organização). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia** / - 1. ed. - Rio de Janeiro: ICH, 2017. 655 p.; 16x23 cm, 2017.

FILGUEIRAS, T.; GONÇALVES, A. P. S. **A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae)**. Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society, v.18, n.1, 2004.

FRANCO, José Tomás. **Cali, Colômbia: Escola de bambu inicia campanha para finalizar sua construção**. Disponível em <www.archdaily.com.br/br/01-173006>. Acessado em 22.03.2018. 2014.

FRITSCH, Rodrigo Carlos. **Avaliação de ruído urbano: o caso da área central de Passo Fundo|RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia –

Infraestrutura e meio ambiente). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

GHAVAMI, K.. **Application of bamboo as a low-cost energy material in civil engineering.** In: Symposium Materials for Low Income Housing, 3, 1989, Mexico City. Symposium...Mexico: CIB/RILEM, 1989. p.526-536

GHAVAMI, K.. **Bambu:** um material alternativo na engenharia. Revista do Instituto de Engenharia, São Paulo, n.492, p.23-27, 1992.

GHAVAMI, K.. **Cement composites reinforced with bamboo and vegetable fibres.** In: International Conference on Concrete and Development, 1, 2001, Tehran. Proceedings... Tehran: Building and Housing Research Centre, 2001, p.445-461, v.2.

GHAVAMI, K.; CULZONI, R. A. M. **Utilização do bambu como material em habitação de baixo custo.** In: International Symposium on Transfer and Production of Housing Technology in Research and Practice HABITEC 87, 1987, São Paulo. Proceedings...São Paulo: IPT and CIB, p.181-188. 1987.

GHAVAMI, K.; FANG, H. Y. (ed.) **Low cost and energy saving construction materials,** Lehigh: ENVO Publishing Company, v.1, 1984.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R. V. **Application of bamboo as a construction material.** Part I - Mechanical properties & water - repellent treatment of bamboo, Part II- Bamboo reinforced concrete beams. In: Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing, 1981, São Paulo. Proceedings...São Paulo: IPT/CIB, 1981. p. 49-66, v.1.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies:** Mosó, Matake, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara* e *Dendrocalamus giganteus* para utilização na engenharia. 1. ed. Rio de Janeiro: RMNC do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, 53p. 2001.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C. S.. **Engineering materials and components with plants.** In: CIB–Symposium, Construction &

Environment, 2000, São Paulo. Proceedings...São Paulo: Global Seven Editor, CD Rom. 2000.

GHAVAMI, K.; SOUZA, M. V. de. **Propriedades mecânicas do bambu**. Rio de Janeiro: Relatório Interno apresentado ao PIBIC, PUCRio. Ago., 2000.

GODOY, A. S.. **Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, Mar./Abr. 1995.

GOMES, Afonso Dixon. **BAMBU NATIVO** (Guadua spp.): Alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o Estado do Acre. Artigo Gestão da Indústria Madeireira do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

GOOGLE EARTH. **Campus da UFAC**. Disponível em <www.earth.google.com>. Acessado em 04/04/2018.

GOOGLE MAPS. **Campus da UFAC**. Disponível em <www.maps.google.com>. Acessado em 04/04/2018.

GOVERNO DO ESTADO DO ACRE. **Acre em Números 2017**. Departamento de Áreas Protegidas e Biodiversidade/SEMA, Secretaria de Estado de Planejamento – SEPLAN, Departamento de Acompanhamento da Gestão – DAG – 2017, 2017.

GRAÇA, V. A. C.; SCARAZZATO, P. S.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Método simplificado para a avaliação de iluminação natural em anteprojetos de escolas de ensino estadual de São Paulo**. In: ENCAC 2001, 6º; ELACAC 2001, 3º, 2001, São Pedro, SP. Anais. Artigo técnico. CD-ROM. São Pedro, SP: ANTAC, 2001.

INSTRUTHERM. **Medidor de Stress Térmico** – TGD/ 400. Disponível em <www.instrutherm.net.br>. Acessado em 25.05.2018.

International Network for bamboo and Rattan (INBAR). **INBAR in China and the world**. Beijing: China Forestry Publishing House, 2003.

JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK L. G.; LODOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Washington, D.C. - USA: Smithsonian Institution Press, 1999.

KUEHLY, Henley G.; YIPING L. **The Climate Change Challenge and Bamboo: Mitigation and Adaptation**. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China. 2011.

LabEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos INMET**. UFSC. Disponível em:
<<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos> >. Acessado em 23.02.2018. 2016.

LAGO, Celina. **Arquitetura Sustentável**. Disponível em
<<http://www.celinalago.com.br>>. Acessado em 31.05.2017. 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2ª ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LIMA JR., H. C.; DALCANAL, P. R.; WILLRICH, F. L.; BARBOSA, N. P.. **Características mecânicas do bambu *Dendrocalamus giganteus*: análise teórica e experimental**. In: Barbosa, N. P.; Swamy, R. N.; Lynsdale, C. (ed.). Sustainable construction into the next millennium: environmentally friendly and innovative cement based materials. João Pessoa: Federal University of Paraíba and The University of Sheffield, p.394-406, 2000.

LONDOÑO, X.. **Two new Guadua species for Peru** (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae). J. Bot. Res. Inst. Texas 7(1): 145–153, 2013.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANHÃES, Adriana Pellegrini. **Caracterização da Cadeia Produtiva do Bambu no Brasil: Abordagem Preliminar**. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Departamento de Silvicultura, 2008.

MARTINS, Guilherme O.. **À conversa com Guilherme de Oliveira Martins**. Noesis, n.º 52, pp. 11-20. 1999.

MIRANDA, Elias Melo de; DIXON, Afonso Gomes; Suelem Marina de Araújo; SOUZA, João Carlos Neves de; LIMA, Daniel do Nascimento; FREITAS JÚNIOR, João Lima de. **Estrutura populacional e o potencial de uso de Guadua cf. superba na região do Alto Acre.** Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081857/estrutura-populacional-e-o-potencial-de-uso-de-guadua-cf-superba-na-regiao-do-alto-acre>>. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia / organização Patrícia Maria Drumond, Guilherme Wiedman. - 1. ed. - Rio de Janeiro: ICH, 2017.

MORAIS, Maria da Piedade. **Breve Diagnóstico sobre o Quadro Atual da Habitação no Brasil.** Disponível em <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/politicas_sociais/BREVE4.pdf>. Acessado em 19.09.2017. 2002.

MOREIRA, M. A.; SOUSA, C. M. S. G.. **Organizadores prévios como recurso didático.** Porto Alegre, RS, Instituto de Física da UFRGS, Monografias do Grupo de Ensino, Série Enfoques Didáticos, nº 5. 1996.

NUNES, Antônio Ricardo Sampaio. **Construindo com a Natureza Bambu: Uma Alternativa de Ecodesenvolvimento.** 2006.

OLIVEIRA, Edmar Bonfim; CASTRO, Ana Cristina Fiore; RAIMUNDINI, Simone Letícia; STRUMIELLO, PITIINI, Luis Daniel. **Desenvolvimento Sustentável e Produção Mais Limpa: Estudo de caso em uma empresa do setor moveleiro.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

OLIVEIRA, Maria da Piedade Gomes de; MEDEIROS, Eduardo Bauzer;

DAVIS JR. Clodoveu Augusto. **Planejamento o meio ambiente acústico urbano: uma abordagem baseada em SIG.** UFMG. Minas Gerais.

Disponível em:<http://www.ip.pbh.gov.br/ANO2_N1_PDF/ip0201piedade.pdf>. Acessado em: 08.09. 2016. 2016.

PADOVAN, R. B. apud BOTERO, L. F. (2005) **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais.** Artigo – Universidade Estadual Paulista, 2010.

- PEREIRA, Raquel da Silva, **Marketing Ambiental**. Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2004.
- PIMENTEL, M. A. **As potencialidades de inserção do bambu no sistema produtivo no Brasil**. Rio de Janeiro: UFF, 1997.
- PRESZNHUK, Rosélis Augusta de Oliveira. **Estudo da viabilidade do filtro de carvão de bambu como pós-tratamento em estação de tratamento de esgoto por zona de raízes: tecnologia ambiental e socialmente adequada**. 2004. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- REUBENS, R. **Bamboo in Sustainable Contemporary Design**. INBAR Working Paper, Beijing, n.60, 2010.
- RIGUEIRA JR., I., *apud* MOREIRA, L. E. **Bambu Para Toda Obra**. Boletim UFMG Nº 1730 - Ano 37. Disponível em <<https://www.ufmg.br/boletim/bol1730/index.shtml>>. Acessado em 13.01.2018. 2011.
- RIVERO, L.. **Laminado Colado e contra-placado de bambu**. Dissertação de Mestrado. Unicamp, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEA), 120 p. 2003.
- ROMERO, M. A. B., **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Ed. Projeto, 1998.
- SCHOLTZ, Marcos Ferreira; ACOSTA, Caio Cesar Veloso, M.; CARBONARI, Luana Toralles. **Bambu-Aço Vegetal**. IAPAR/Londrina (Instituto Agrônômico do Paraná) e Laboratório de Estruturas da UEL (Universidade Estadual de Londrina) – Artigo - Mix sustentável – Edição 05/V3, N1/2017.
- SÉRGIO, Vale. **Acre começa a apostar na potencialidade do bambu**. Disponível em: <<https://www.sentineladafronteira.com.br/acre-comeca-a-apostar-na-potencialidade-do-bambu/>>. Acessado em 15.12.2017. 2016.

SGARBI, V. S. *et al.* **Os Jargões da Sustentabilidade**: uma Discussão a partir da Produção Científica Nacional, ENGEMA, 2008.

SILVA, S. R. M. **Proposição de Princípios Básicos para a sustentabilidade**. Disponível em:

<https://www2.ufscar.br/interface_frames/index2.php>. Acessado em 01.09.2017. 2000.

SOUZA, Claiton de Oliveira. **Desempenho acústico, térmico, lumínico e o estilo arquitetônico adotado para a região amazônica nas edificações de casas populares em Porto Velho/RO**. Dissertação de Mestrado, UFAM – Manaus, 2016.

SPANNENBERG, Mariane Gampert. **Análise de Desempenho Térmico, Acústico e Lumínico em Habitação de Interesse Social**: Estudo de Caso em MARAU – RS. Florianópolis. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. 2006.

TALLER, Lucía López de Sande. **“Presentación de Los Modelos de Viviendas de La Corporación de Viviendas de Hogar de Cristo”**. Artigo: la solución habitacional de “hogares de cristo” de hab básica etsam ¿es replicable). 2013.

TÈCNE. **Construções de bambu**. Reportagem de Giuliana Capello na revista da Edição 108. Disponível em <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo286055-1.aspx> - Acessado em 06.09.2018. 2006.

UBIDIA, Jorge Moran. **Construir com bambú** (Canã de Guayquil). Manual de Construcción com Bambú. 3ª Edição. Disponível em <https://issuu.com/davidazmitia4hotmail.com/docs/construir_con_bambu_peru>. Acessado em 12.06.2016. 2015.

VASCONCELLOS, R. M.; **Bambu Brasileiro**. Rio de Janeiro, julho de 2000. Disponível em <www.bambubrasileiro.com>. Acessado em 13.06.2017.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.